

Документация к PostgreSQL 11.1



The PostgreSQL Global Development Group

Документация к PostgreSQL 11.1

The PostgreSQL Global Development Group

Перевод на русский язык, 2015-2018 гг.:

Компания «Постгрес Профессиональный»

Официальная страница русскоязычной документации: <https://postgrespro.ru/docs/>.

Авторские права © 1996-2018 The PostgreSQL Global Development Group

Авторские права © 2015-2018 Постгрес Профессиональный

Юридическое уведомление

PostgreSQL © 1996-2018 — PostgreSQL Global Development Group.

Postgres95 © 1994-5 — Регенты университета Калифорнии.

Настоящим разрешается использование, копирование, модификация и распространение данного программного продукта и документации для любых целей, бесплатно и без письменного разрешения, при условии сохранения во всех копиях приведённого выше уведомления об авторских правах и данного параграфа вместе с двумя последующими параграфами.

УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ НИ В КОЕЙ МЕРЕ НЕ НЕСЁТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРЯМОЙ, КОСВЕННЫЙ, НАМЕРЕННЫЙ, СЛУЧАЙНЫЙ ИЛИ СПРОВОЦИРОВАННЫЙ УЩЕРБ, В ТОМ ЧИСЛЕ ПОТЕРЯННЫЕ ПРИБЫЛИ, СВЯЗАННЫЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭТОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА И ЕГО ДОКУМЕНТАЦИИ, ДАЖЕ ЕСЛИ УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ БЫЛ УВЕДОМЛЁН О ВОЗМОЖНОСТИ ТАКОГО УЩЕРБА.

УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ ЯВНЫМ ОБРАЗОМ ОТКАЗЫВАЕТСЯ ОТ ЛЮБЫХ ГАРАНТИЙ, В ЧАСТНОСТИ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫХ ГАРАНТИЙ КОММЕРЧЕСКОЙ ВЫГОДЫ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ КАКОЙ-ЛИБО ЦЕЛИ. НАСТОЯЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ В ВИДЕ «КАК ЕСТЬ», И УНИВЕРСИТЕТ КАЛИФОРНИИ НЕ ДАЁТ НИКАКИХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ПО ЕГО ОБСЛУЖИВАНИЮ, ПОДДЕРЖКЕ, ОБНОВЛЕНИЮ, УЛУЧШЕНИЮ ИЛИ МОДИФИКАЦИИ.

Предисловие	xxii
1. Что такое PostgreSQL?	xxii
2. Краткая история PostgreSQL	xxii
2.1. Проект POSTGRES в Беркли	xxiii
2.2. Postgres95	xxiii
2.3. PostgreSQL	xxiv
3. Соглашения	xxiv
4. Полезные ресурсы	xxiv
5. Как правильно сообщить об ошибке	xxv
5.1. Диагностика ошибок	xxv
5.2. Что сообщать	xxv
5.3. Куда сообщать	xxvii
I. Введение	1
1. Начало	2
1.1. Установка	2
1.2. Основы архитектуры	2
1.3. Создание базы данных	3
1.4. Подключение к базе данных	4
2. Язык SQL	6
2.1. Введение	6
2.2. Основные понятия	6
2.3. Создание таблицы	6
2.4. Добавление строк в таблицу	7
2.5. Выполнение запроса	8
2.6. Соединения таблиц	9
2.7. Агрегатные функции	11
2.8. Изменение данных	13
2.9. Удаление данных	13
3. Расширенные возможности	14
3.1. Введение	14
3.2. Представления	14
3.3. Внешние ключи	14
3.4. Транзакции	15
3.5. Оконные функции	17
3.6. Наследование	19
3.7. Заключение	21
II. Язык SQL	22
4. Синтаксис SQL	23
4.1. Лексическая структура	23
4.2. Выражения значения	32
4.3. Вызов функций	45
5. Определение данных	48
5.1. Основы таблиц	48
5.2. Значения по умолчанию	49
5.3. Ограничения	50
5.4. Системные столбцы	57
5.5. Изменение таблиц	58
5.6. Права	60
5.7. Политики защиты строк	61
5.8. Схемы	67
5.9. Наследование	71
5.10. Секционирование таблиц	75
5.11. Сторонние данные	86
5.12. Другие объекты баз данных	86
5.13. Отслеживание зависимостей	87
6. Модификация данных	89
6.1. Добавление данных	89
6.2. Изменение данных	90

6.3. Удаление данных	91
6.4. Возврат данных из изменённых строк	91
7. Запросы	93
7.1. Обзор	93
7.2. Табличные выражения	93
7.3. Списки выборки	106
7.4. Сочетание запросов	108
7.5. Сортировка строк	108
7.6. LIMIT и OFFSET	109
7.7. Списки VALUES	110
7.8. Запросы WITH (Общие табличные выражения)	111
8. Типы данных	117
8.1. Числовые типы	119
8.2. Денежные типы	123
8.3. Символьные типы	124
8.4. Двоичные типы данных	126
8.5. Типы даты/времени	128
8.6. Логический тип	137
8.7. Типы перечислений	138
8.8. Геометрические типы	140
8.9. Типы, описывающие сетевые адреса	142
8.10. Битовые строки	144
8.11. Типы, предназначенные для текстового поиска	145
8.12. Тип UUID	148
8.13. Тип XML	148
8.14. Типы JSON	150
8.15. Массивы	157
8.16. Составные типы	165
8.17. Диапазонные типы	171
8.18. Типы доменов	176
8.19. Идентификаторы объектов	177
8.20. Тип pg_lsn	178
8.21. Псевдотипы	179
9. Функции и операторы	181
9.1. Логические операторы	181
9.2. Функции и операторы сравнения	181
9.3. Математические функции и операторы	184
9.4. Строковые функции и операторы	187
9.5. Функции и операторы двоичных строк	203
9.6. Функции и операторы для работы с битовыми строками	205
9.7. Поиск по шаблону	206
9.8. Функции форматирования данных	222
9.9. Операторы и функции даты/времени	229
9.10. Функции для перечислений	241
9.11. Геометрические функции и операторы	242
9.12. Функции и операторы для работы с сетевыми адресами	246
9.13. Функции и операторы текстового поиска	249
9.14. XML-функции	255
9.15. Функции и операторы JSON	267
9.16. Функции для работы с последовательностями	276
9.17. Условные выражения	279
9.18. Функции и операторы для работы с массивами	281
9.19. Диапазонные функции и операторы	285
9.20. Агрегатные функции	287
9.21. Оконные функции	294
9.22. Выражения подзапросов	296
9.23. Сравнение табличных строк и массивов	299
9.24. Функции, возвращающие множества	302

9.25. Системные информационные функции	305
9.26. Функции для системного администрирования	322
9.27. Триггерные функции	340
9.28. Функции событийных триггеров	341
10. Преобразование типов	344
10.1. Обзор	344
10.2. Операторы	345
10.3. Функции	349
10.4. Хранимое значение	353
10.5. UNION, CASE и связанные конструкции	353
10.6. Выходные столбцы SELECT	355
11. Индексы	356
11.1. Введение	356
11.2. Типы индексов	357
11.3. Составные индексы	359
11.4. Индексы и предложения ORDER BY	360
11.5. Объединение нескольких индексов	361
11.6. Уникальные индексы	361
11.7. Индексы по выражениям	362
11.8. Частичные индексы	362
11.9. Семейства и классы операторов	365
11.10. Индексы и правила сортировки	366
11.11. Сканирование только индекса	366
11.12. Контроль использования индексов	368
12. Полнотекстовый поиск	370
12.1. Введение	370
12.2. Таблицы и индексы	374
12.3. Управление текстовым поиском	376
12.4. Дополнительные возможности	382
12.5. Анализаторы	387
12.6. Словари	389
12.7. Пример конфигурации	397
12.8. Тестирование и отладка текстового поиска	399
12.9. Типы индексов GIN и GiST	402
12.10. Поддержка psql	403
12.11. Ограничения	406
13. Управление конкурентным доступом	407
13.1. Введение	407
13.2. Изоляция транзакций	407
13.3. Явные блокировки	413
13.4. Проверки целостности данных на уровне приложения	419
13.5. Ограничения	420
13.6. Блокировки и индексы	421
14. Оптимизация производительности	422
14.1. Использование EXPLAIN	422
14.2. Статистика, используемая планировщиком	433
14.3. Управление планировщиком с помощью явных предложений JOIN	436
14.4. Наполнение базы данных	438
14.5. Оптимизация, угрожающая стабильности	441
15. Параллельный запрос	443
15.1. Как работают параллельно выполняемые запросы	443
15.2. Когда может применяться распараллеливание запросов?	444
15.3. Параллельные планы	445
15.4. Безопасность распараллеливания	447
III. Администрирование сервера	449
16. Установка из исходного кода	450
16.1. Краткий вариант	450

16.2. Требования	450
16.3. Получение исходного кода	452
16.4. Процедура установки	452
16.5. Действия после установки	464
16.6. Поддерживаемые платформы	465
16.7. Замечания по отдельным платформам	465
17. Установка из исходного кода в Windows	473
17.1. Сборка с помощью Visual C++ или Microsoft Windows SDK	473
18. Подготовка к работе и сопровождение сервера	478
18.1. Учётная запись пользователя PostgreSQL	478
18.2. Создание кластера баз данных	478
18.3. Запуск сервера баз данных	480
18.4. Управление ресурсами ядра	483
18.5. Выключение сервера	492
18.6. Обновление кластера PostgreSQL	493
18.7. Защита от подмены сервера	496
18.8. Возможности шифрования	496
18.9. Защита соединений TCP/IP с применением SSL	497
18.10. Защита соединений TCP/IP с применением туннелей SSH	501
18.11. Регистрация журнала событий в Windows	502
19. Настройка сервера	503
19.1. Изменение параметров	503
19.2. Расположения файлов	506
19.3. Подключения и аутентификация	507
19.4. Потребление ресурсов	513
19.5. Журнал предзаписи	521
19.6. Репликация	527
19.7. Планирование запросов	532
19.8. Регистрация ошибок и протоколирование работы сервера	539
19.9. Статистика времени выполнения	549
19.10. Автоматическая очистка	551
19.11. Параметры клиентских сеансов по умолчанию	553
19.12. Управление блокировками	562
19.13. Совместимость с разными версиями и платформами	563
19.14. Обработка ошибок	565
19.15. Предопределённые параметры	565
19.16. Внесистемные параметры	567
19.17. Параметры для разработчиков	567
19.18. Краткие аргументы	571
20. Аутентификация клиентского приложения	572
20.1. Файл <code>pg_hba.conf</code>	572
20.2. Файл сопоставления имён пользователей	579
20.3. Методы аутентификации	580
20.4. Аутентификация <code>trust</code>	580
20.5. Аутентификация <code>password</code>	581
20.6. Аутентификация <code>GSSAPI</code>	582
20.7. Аутентификация <code>SSPI</code>	583
20.8. Аутентификация <code>Ident</code>	584
20.9. Аутентификация <code>peer</code>	585
20.10. Аутентификация <code>LDAP</code>	585
20.11. Аутентификация <code>RADIUS</code>	588
20.12. Аутентификация по сертификату	589
20.13. Аутентификация <code>PAM</code>	589
20.14. Аутентификация <code>BSD</code>	589
20.15. Проблемы аутентификации	590
21. Роли базы данных	591
21.1. Роли базы данных	591
21.2. Атрибуты ролей	592

21.3. Членство в роли	593
21.4. Удаление ролей	594
21.5. Предопределённые роли	595
21.6. Безопасность функций	596
22. Управление базами данных	598
22.1. Обзор	598
22.2. Создание базы данных	598
22.3. Шаблоны баз данных	599
22.4. Конфигурирование баз данных	600
22.5. Удаление базы данных	600
22.6. Табличные пространства	601
23. Локализация	604
23.1. Поддержка языковых стандартов	604
23.2. Поддержка правил сортировки	606
23.3. Поддержка кодировок	612
24. Регламентные задачи обслуживания базы данных	619
24.1. Регламентная очистка	619
24.2. Регулярная переиндексация	627
24.3. Обслуживание журнала	628
25. Резервное копирование и восстановление	629
25.1. Выгрузка в SQL	629
25.2. Резервное копирование на уровне файлов	632
25.3. Непрерывное архивирование и восстановление на момент времени (Point-in-Time Recovery, PITR)	633
26. Отказоустойчивость, балансировка нагрузки и репликация	646
26.1. Сравнение различных решений	646
26.2. Трансляция журналов на резервные серверы	650
26.3. Отработка отказа	659
26.4. Другие методы трансляции журнала	660
26.5. Горячий резерв	662
27. Конфигурация восстановления	670
27.1. Параметры восстановления из архива	670
27.2. Параметры управления восстановлением	671
27.3. Параметры резервного сервера	672
28. Мониторинг работы СУБД	674
28.1. Стандартные инструменты Unix	674
28.2. Сборщик статистики	675
28.3. Просмотр информации о блокировках	711
28.4. Отслеживание выполнения	712
28.5. Динамическая трассировка	714
29. Мониторинг использования диска	725
29.1. Определение использования диска	725
29.2. Ошибка переполнения диска	726
30. Надёжность и журнал предзаписи	727
30.1. Надёжность	727
30.2. Журнал предзаписи (WAL)	729
30.3. Асинхронное подтверждение транзакций	730
30.4. Настройка WAL	731
30.5. Внутреннее устройство WAL	734
31. Логическая репликация	736
31.1. Публикация	736
31.2. Подписка	737
31.3. Конфликты	738
31.4. Ограничения	739
31.5. Архитектура	739
31.6. Мониторинг	740
31.7. Безопасность	740
31.8. Параметры конфигурации	741

31.9. Быстрая настройка	741
32. JIT-компиляция	742
32.1. Что такое JIT-компиляция?	742
32.2. Когда применять JIT?	742
32.3. Конфигурация	744
32.4. Расширяемость	744
33. Регрессионные тесты	745
33.1. Выполнение тестов	745
33.2. Оценка результатов тестирования	748
33.3. Вариативные сравнительные файлы	750
33.4. Тесты ТАР	751
33.5. Проверка покрытия теста	752
IV. Клиентские интерфейсы	753
34. libpq — библиотека для языка C	754
34.1. Функции управления подключением к базе данных	754
34.2. Функции, описывающие текущее состояние подключения	768
34.3. Функции для исполнения команд	773
34.4. Асинхронная обработка команд	789
34.5. Построчное извлечение результатов запроса	793
34.6. Отмена запросов в процессе выполнения	794
34.7. Интерфейс быстрого пути	795
34.8. Асинхронное уведомление	796
34.9. Функции, связанные с командой COPY	797
34.10. Функции управления	801
34.11. Функции разного назначения	803
34.12. Обработка замечаний	806
34.13. Система событий	807
34.14. Переменные окружения	813
34.15. Файл паролей	814
34.16. Файл соединений служб	815
34.17. Получение параметров соединения через LDAP	815
34.18. Поддержка SSL	816
34.19. Поведение в многопоточных программах	820
34.20. Сборка программ с libpq	821
34.21. Примеры программ	822
35. Большие объекты	832
35.1. Введение	832
35.2. Особенности реализации	832
35.3. Клиентские интерфейсы	832
35.4. Серверные функции	836
35.5. Пример программы	837
36. ECPG — встраиваемый SQL в C	843
36.1. Концепция	843
36.2. Управление подключениями к базе данных	843
36.3. Запуск команд SQL	846
36.4. Использование переменных среды	848
36.5. Динамический SQL	861
36.6. Библиотека pgtypes	863
36.7. Использование областей дескрипторов	875
36.8. Обработка ошибок	887
36.9. Директивы препроцессора	893
36.10. Компиляция программ со встраиваемым SQL	895
36.11. Библиотечные функции	896
36.12. Большие объекты	897
36.13. Приложения на C++	898
36.14. Команды встраиваемого SQL	902
36.15. Режим совместимости с Informix	923
36.16. Внутреннее устройство	936

37. Информационная схема	939
37.1. Схема	939
37.2. Типы данных	939
37.3. information_schema_catalog_name	940
37.4. administrable_role_authorizations	940
37.5. applicable_roles	940
37.6. attributes	941
37.7. character_sets	944
37.8. check_constraint_routine_usage	945
37.9. check_constraints	946
37.10. collations	946
37.11. collation_character_set_applicability	946
37.12. column_domain_usage	947
37.13. column_options	947
37.14. column_privileges	947
37.15. column_udt_usage	948
37.16. columns	948
37.17. constraint_column_usage	953
37.18. constraint_table_usage	954
37.19. data_type_privileges	954
37.20. domain_constraints	955
37.21. domain_udt_usage	956
37.22. domains	956
37.23. element_types	959
37.24. enabled_roles	961
37.25. foreign_data_wrapper_options	962
37.26. foreign_data_wrappers	962
37.27. foreign_server_options	962
37.28. foreign_servers	963
37.29. foreign_table_options	963
37.30. foreign_tables	964
37.31. key_column_usage	964
37.32. parameters	965
37.33. referential_constraints	967
37.34. role_column_grants	968
37.35. role_routine_grants	968
37.36. role_table_grants	969
37.37. role_udt_grants	970
37.38. role_usage_grants	970
37.39. routine_privileges	971
37.40. routines	972
37.41. schemata	977
37.42. sequences	978
37.43. sql_features	979
37.44. sql_implementation_info	980
37.45. sql_languages	980
37.46. sql_packages	981
37.47. sql_parts	981
37.48. sql_sizing	982
37.49. sql_sizing_profiles	982
37.50. table_constraints	983
37.51. table_privileges	983
37.52. tables	984
37.53. transforms	985
37.54. triggered_update_columns	986
37.55. triggers	986

37.56. <code>udt_privileges</code>	988
37.57. <code>usage_privileges</code>	988
37.58. <code>user_defined_types</code>	989
37.59. <code>user_mapping_options</code>	991
37.60. <code>user_mappings</code>	992
37.61. <code>view_column_usage</code>	992
37.62. <code>view_routine_usage</code>	993
37.63. <code>view_table_usage</code>	993
37.64. <code>views</code>	994
V. Серверное программирование	995
38. Расширение SQL	996
38.1. Как реализована расширяемость	996
38.2. Система типов PostgreSQL	996
38.3. Пользовательские функции	998
38.4. Пользовательские процедуры	998
38.5. Функции на языке запросов (SQL)	999
38.6. Перегрузка функций	1013
38.7. Категории изменчивости функций	1014
38.8. Функции на процедурных языках	1016
38.9. Внутренние функции	1016
38.10. Функции на языке C	1016
38.11. Пользовательские агрегатные функции	1036
38.12. Пользовательские типы	1043
38.13. Пользовательские операторы	1048
38.14. Информация для оптимизации операторов	1048
38.15. Интерфейсы расширений для индексов	1053
38.16. Упаковывание связанных объектов в расширение	1066
38.17. Инфраструктура сборки расширений	1073
39. Триггеры	1077
39.1. Обзор механизма работы триггеров	1077
39.2. Видимость изменений в данных	1080
39.3. Триггерные функции на языке C	1080
39.4. Полный пример триггера	1083
40. Триггеры событий	1087
40.1. Обзор механизма работы триггеров событий	1087
40.2. Матрица срабатывания триггеров событий	1088
40.3. Триггерные функции событий на языке C	1091
40.4. Полный пример триггера события	1092
40.5. Пример событийного триггера, обрабатывающего перезапись таблицы	1093
41. Система правил	1095
41.1. Дерево запроса	1095
41.2. Система правил и представления	1097
41.3. Материализованные представления	1103
41.4. Правила для <code>INSERT</code> , <code>UPDATE</code> и <code>DELETE</code>	1106
41.5. Правила и права	1116
41.6. Правила и статус команд	1118
41.7. Сравнение правил и триггеров	1118
42. Процедурные языки	1121
42.1. Установка процедурных языков	1121
43. PL/pgSQL — процедурный язык SQL	1124
43.1. Обзор	1124
43.2. Структура PL/pgSQL	1125
43.3. Объявления	1126
43.4. Выражения	1132
43.5. Основные операторы	1132
43.6. Управляющие структуры	1140
43.7. Курсоры	1153

43.8. Управление транзакциями	1158
43.9. Сообщения и ошибки	1159
43.10. Триггерные функции	1161
43.11. PL/pgSQL изнутри	1169
43.12. Советы по разработке на PL/pgSQL	1173
43.13. Портирование из Oracle PL/SQL	1175
44. PL/Tcl — процедурный язык Tcl	1184
44.1. Обзор	1184
44.2. Функции на PL/Tcl и их аргументы	1184
44.3. Значения данных в PL/Tcl	1186
44.4. Глобальные данные в PL/Tcl	1186
44.5. Обращение к базе данных из PL/Tcl	1187
44.6. Триггерные функции на PL/Tcl	1189
44.7. Функции событийных триггеров в PL/Tcl	1191
44.8. Обработка ошибок в PL/Tcl	1191
44.9. Явные подтранзакции в PL/Tcl	1192
44.10. Управление транзакциями	1193
44.11. Конфигурация PL/Tcl	1193
44.12. Имена процедур Tcl	1194
45. PL/Perl — процедурный язык Perl	1195
45.1. Функции на PL/Perl и их аргументы	1195
45.2. Значения в PL/Perl	1199
45.3. Встроенные функции	1199
45.4. Глобальные значения в PL/Perl	1204
45.5. Доверенный и недоверенный PL/Perl	1205
45.6. Триггеры на PL/Perl	1206
45.7. Событийные триггеры на PL/Perl	1207
45.8. Внутренние особенности PL/Perl	1208
46. PL/Python — процедурный язык Python	1210
46.1. Python 2 и Python 3	1210
46.2. Функции на PL/Python	1211
46.3. Значения данных	1212
46.4. Совместное использование данных	1217
46.5. Анонимные блоки кода	1217
46.6. Триггерные функции	1217
46.7. Обращение к базе данных	1218
46.8. Явные подтранзакции	1222
46.9. Управление транзакциями	1223
46.10. Вспомогательные функции	1224
46.11. Переменные окружения	1225
47. Интерфейс программирования сервера	1226
47.1. Интерфейсные функции	1226
47.2. Вспомогательные интерфейсные функции	1259
47.3. Управление памятью	1268
47.4. Управление транзакциями	1278
47.5. Видимость изменений в данных	1281
47.6. Примеры	1281
48. Фоновые рабочие процессы	1285
49. Логическое декодирование	1289
49.1. Примеры логического декодирования	1289
49.2. Концепции логического декодирования	1291
49.3. Интерфейс протокола потоковой репликации	1292
49.4. Интерфейс логического декодирования на уровне SQL	1293
49.5. Системные каталоги, связанные с логическим декодированием	1293
49.6. Модули вывода логического декодирования	1293
49.7. Запись вывода логического декодирования	1297
49.8. Поддержка синхронной репликации для логического декодирования	1297
50. Отслеживание прогресса репликации	1298

VI. Справочное руководство	1299
I. Команды SQL	1300
ABORT	1301
ALTER AGGREGATE	1302
ALTER COLLATION	1304
ALTER CONVERSION	1306
ALTER DATABASE	1307
ALTER DEFAULT PRIVILEGES	1309
ALTER DOMAIN	1312
ALTER EVENT TRIGGER	1315
ALTER EXTENSION	1316
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER	1319
ALTER FOREIGN TABLE	1321
ALTER FUNCTION	1326
ALTER GROUP	1329
ALTER INDEX	1330
ALTER LANGUAGE	1333
ALTER LARGE OBJECT	1334
ALTER MATERIALIZED VIEW	1335
ALTER OPERATOR	1337
ALTER OPERATOR CLASS	1339
ALTER OPERATOR FAMILY	1340
ALTER POLICY	1344
ALTER PROCEDURE	1345
ALTER PUBLICATION	1348
ALTER ROLE	1350
ALTER ROUTINE	1353
ALTER RULE	1354
ALTER SCHEMA	1355
ALTER SEQUENCE	1356
ALTER SERVER	1359
ALTER STATISTICS	1361
ALTER SUBSCRIPTION	1362
ALTER SYSTEM	1364
ALTER TABLE	1366
ALTER TABLESPACE	1381
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION	1382
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY	1384
ALTER TEXT SEARCH PARSER	1386
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE	1387
ALTER TRIGGER	1388
ALTER TYPE	1389
ALTER USER	1392
ALTER USER MAPPING	1393
ALTER VIEW	1394
ANALYZE	1396
BEGIN	1399
CALL	1401
CHECKPOINT	1402
CLOSE	1403
CLUSTER	1404
COMMENT	1406
COMMIT	1410
COMMIT PREPARED	1411
COPY	1412
CREATE ACCESS METHOD	1422
CREATE AGGREGATE	1423
CREATE CAST	1431

CREATE COLLATION	1435
CREATE CONVERSION	1437
CREATE DATABASE	1439
CREATE DOMAIN	1442
CREATE EVENT TRIGGER	1445
CREATE EXTENSION	1447
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER	1449
CREATE FOREIGN TABLE	1451
CREATE FUNCTION	1455
CREATE GROUP	1463
CREATE INDEX	1464
CREATE LANGUAGE	1472
CREATE MATERIALIZED VIEW	1475
CREATE OPERATOR	1477
CREATE OPERATOR CLASS	1480
CREATE OPERATOR FAMILY	1483
CREATE POLICY	1484
CREATE PROCEDURE	1490
CREATE PUBLICATION	1493
CREATE ROLE	1495
CREATE RULE	1500
CREATE SCHEMA	1503
CREATE SEQUENCE	1505
CREATE SERVER	1509
CREATE STATISTICS	1511
CREATE SUBSCRIPTION	1513
CREATE TABLE	1516
CREATE TABLE AS	1537
CREATE TABLESPACE	1540
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION	1542
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY	1543
CREATE TEXT SEARCH PARSER	1545
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE	1547
CREATE TRANSFORM	1548
CREATE TRIGGER	1550
CREATE TYPE	1557
CREATE USER	1566
CREATE USER MAPPING	1567
CREATE VIEW	1568
DEALLOCATE	1573
DECLARE	1574
DELETE	1578
DISCARD	1581
DO	1582
DROP ACCESS METHOD	1584
DROP AGGREGATE	1585
DROP CAST	1587
DROP COLLATION	1588
DROP CONVERSION	1589
DROP DATABASE	1590
DROP DOMAIN	1591
DROP EVENT TRIGGER	1592
DROP EXTENSION	1593
DROP FOREIGN DATA WRAPPER	1594
DROP FOREIGN TABLE	1595
DROP FUNCTION	1596
DROP GROUP	1598
DROP INDEX	1599

DROP LANGUAGE	1600
DROP MATERIALIZED VIEW	1601
DROP OPERATOR	1602
DROP OPERATOR CLASS	1604
DROP OPERATOR FAMILY	1606
DROP OWNED	1607
DROP POLICY	1608
DROP PROCEDURE	1609
DROP PUBLICATION	1611
DROP ROLE	1612
DROP ROUTINE	1613
DROP RULE	1614
DROP SCHEMA	1615
DROP SEQUENCE	1616
DROP SERVER	1617
DROP STATISTICS	1618
DROP SUBSCRIPTION	1619
DROP TABLE	1620
DROP TABLESPACE	1621
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION	1622
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY	1623
DROP TEXT SEARCH PARSER	1624
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE	1625
DROP TRANSFORM	1626
DROP TRIGGER	1627
DROP TYPE	1628
DROP USER	1629
DROP USER MAPPING	1630
DROP VIEW	1631
END	1632
EXECUTE	1633
EXPLAIN	1634
FETCH	1639
GRANT	1643
IMPORT FOREIGN SCHEMA	1650
INSERT	1652
LISTEN	1659
LOAD	1661
LOCK	1662
MOVE	1665
NOTIFY	1667
PREPARE	1670
PREPARE TRANSACTION	1673
REASSIGN OWNED	1675
REFRESH MATERIALIZED VIEW	1676
REINDEX	1678
RELEASE SAVEPOINT	1681
RESET	1682
REVOKE	1683
ROLLBACK	1687
ROLLBACK PREPARED	1688
ROLLBACK TO SAVEPOINT	1689
SAVEPOINT	1691
SECURITY LABEL	1693
SELECT	1696
SELECT INTO	1716
SET	1718
SET CONSTRAINTS	1721

SET ROLE	1723
SET SESSION AUTHORIZATION	1725
SET TRANSACTION	1727
SHOW	1730
START TRANSACTION	1732
TRUNCATE	1733
UNLISTEN	1735
UPDATE	1736
VACUUM	1740
VALUES	1743
II. Клиентские приложения PostgreSQL	1746
clusterdb	1747
createdb	1750
createuser	1753
dropdb	1757
dropuser	1759
ecpg	1761
pg_basebackup	1763
pgbench	1770
pg_config	1786
pg_dump	1789
pg_dumpall	1802
pg_isready	1808
pg_receivewal	1810
pg_recvlogical	1814
pg_restore	1818
psql	1827
reindexdb	1866
vacuumdb	1869
III. Серверные приложения PostgreSQL	1873
initdb	1874
pg_archivecleanup	1878
pg_controldata	1880
pg_ctl	1881
pg_resetwal	1886
pg_rewind	1890
pg_test_fsync	1893
pg_test_timing	1894
pg_upgrade	1898
pg_verify_checksums	1905
pg_waldump	1906
postgres	1908
postmaster	1915
VII. Внутреннее устройство	1916
51. Обзор внутреннего устройства PostgreSQL	1917
51.1. Путь запроса	1917
51.2. Как устанавливаются соединения	1917
51.3. Этап разбора	1918
51.4. Система правил PostgreSQL	1919
51.5. Планировщик/оптимизатор	1919
51.6. Исполнитель	1921
52. Системные каталоги	1922
52.1. Обзор	1922
52.2. pg_aggregate	1924
52.3. pg_am	1926
52.4. pg_amop	1927
52.5. pg_amproc	1928

52.6. pg_attrdef	1929
52.7. pg_attribute	1929
52.8. pg_authid	1933
52.9. pg_auth_members	1934
52.10. pg_cast	1935
52.11. pg_class	1936
52.12. pg_collation	1941
52.13. pg_constraint	1942
52.14. pg_conversion	1945
52.15. pg_database	1946
52.16. pg_db_role_setting	1948
52.17. pg_default_acl	1948
52.18. pg_depend	1949
52.19. pg_description	1951
52.20. pg_enum	1951
52.21. pg_event_trigger	1952
52.22. pg_extension	1952
52.23. pg_foreign_data_wrapper	1953
52.24. pg_foreign_server	1954
52.25. pg_foreign_table	1955
52.26. pg_index	1955
52.27. pg_inherits	1958
52.28. pg_init_privs	1958
52.29. pg_language	1959
52.30. pg_largeobject	1960
52.31. pg_largeobject_metadata	1961
52.32. pg_namespace	1961
52.33. pg_opclass	1962
52.34. pg_operator	1963
52.35. pg_opfamily	1963
52.36. pg_partitioned_table	1964
52.37. pg_pltemplate	1965
52.38. pg_policy	1966
52.39. pg_proc	1967
52.40. pg_publication	1972
52.41. pg_publication_rel	1972
52.42. pg_range	1973
52.43. pg_replication_origin	1973
52.44. pg_rewrite	1974
52.45. pg_seclabel	1975
52.46. pg_sequence	1975
52.47. pg_shdepend	1976
52.48. pg_shdescription	1977
52.49. pg_shseclabel	1978
52.50. pg_statistic	1978
52.51. pg_statistic_ext	1980
52.52. pg_subscription	1981
52.53. pg_subscription_rel	1982
52.54. pg_tablespace	1982
52.55. pg_transform	1983
52.56. pg_trigger	1984
52.57. pg_ts_config	1985
52.58. pg_ts_config_map	1986
52.59. pg_ts_dict	1986
52.60. pg_ts_parser	1987
52.61. pg_ts_template	1988

52.62.	pg_type	1988
52.63.	pg_user_mapping	1995
52.64.	Системные представления	1996
52.65.	pg_available_extensions	1997
52.66.	pg_available_extension_versions	1997
52.67.	pg_config	1998
52.68.	pg_cursors	1998
52.69.	pg_file_settings	1999
52.70.	pg_group	2000
52.71.	pg_hba_file_rules	2000
52.72.	pg_indexes	2001
52.73.	pg_locks	2001
52.74.	pg_matviews	2005
52.75.	pg_policies	2006
52.76.	pg_prepared_statements	2006
52.77.	pg_prepared_xacts	2007
52.78.	pg_publication_tables	2008
52.79.	pg_replication_origin_status	2008
52.80.	pg_replication_slots	2009
52.81.	pg_roles	2010
52.82.	pg_rules	2011
52.83.	pg_seclabels	2012
52.84.	pg_sequences	2013
52.85.	pg_settings	2013
52.86.	pg_shadow	2016
52.87.	pg_stats	2017
52.88.	pg_tables	2019
52.89.	pg_timezone_abbrevs	2020
52.90.	pg_timezone_names	2020
52.91.	pg_user	2021
52.92.	pg_user_mappings	2021
52.93.	pg_views	2022
53.	Клиент-серверный протокол	2023
53.1.	Обзор	2023
53.2.	Поток сообщений	2025
53.3.	Аутентификация SASL	2037
53.4.	Протокол потоковой репликации	2038
53.5.	Протокол логической потоковой репликации	2045
53.6.	Типы данных в сообщениях	2046
53.7.	Форматы сообщений	2047
53.8.	Поля сообщений с ошибками и замечаниями	2062
53.9.	Форматы сообщений логической репликации	2064
53.10.	Сводка изменений по сравнению с протоколом версии 2.0	2068
54.	Соглашения по оформлению кода PostgreSQL	2070
54.1.	Форматирование	2070
54.2.	Вывод сообщений об ошибках в коде сервера	2070
54.3.	Руководство по стилю сообщений об ошибках	2073
54.4.	Различные соглашения по оформлению кода	2077
55.	Языковая поддержка	2080
55.1.	Переводчику	2080
55.2.	Программисту	2082
56.	Написание обработчика процедурного языка	2085
57.	Написание обёртки сторонних данных	2088
57.1.	Функции обёрток сторонних данных	2088
57.2.	Подпрограммы обёртки сторонних данных	2088
57.3.	Вспомогательные функции для обёрток сторонних данных	2102
57.4.	Планирование запросов с обёртками сторонних данных	2103

57.5. Блокировка строк в обёртках сторонних данных	2105
58. Написание метода извлечения выборки таблицы	2107
58.1. Опорные функции метода извлечения выборки	2107
59. Написание провайдера нестандартного сканирования	2110
59.1. Создание нестандартных путей сканирования	2110
59.2. Создание нестандартных планов сканирования	2111
59.3. Выполнение нестандартного сканирования	2112
60. Генетический оптимизатор запросов	2115
60.1. Обработка запроса как сложная задача оптимизации	2115
60.2. Генетические алгоритмы	2115
60.3. Генетическая оптимизация запросов (GEQO) в PostgreSQL	2116
60.4. Дополнительные источники информации	2117
61. Определение интерфейса для методов доступа индекса	2119
61.1. Базовая структура API для индексов	2119
61.2. Функции для метода доступа индекса	2121
61.3. Сканирование индекса	2127
61.4. Замечания о блокировке с индексами	2128
61.5. Проверки уникальности в индексе	2129
61.6. Функции оценки стоимости индекса	2131
62. Унифицированные записи WAL	2134
63. Индексы B-дерева	2136
63.1. Введение	2136
63.2. Поведение классов операторов B-дерева	2136
63.3. Опорные функции B-деревьев	2137
63.4. Реализация	2138
64. Индексы GiST	2139
64.1. Введение	2139
64.2. Встроенные классы операторов	2139
64.3. Расширяемость	2139
64.4. Реализация	2148
64.5. Примеры	2149
65. Индексы SP-GiST	2150
65.1. Введение	2150
65.2. Встроенные классы операторов	2150
65.3. Расширяемость	2150
65.4. Реализация	2158
65.5. Примеры	2159
66. Индексы GIN	2160
66.1. Введение	2160
66.2. Встроенные классы операторов	2160
66.3. Расширяемость	2160
66.4. Реализация	2163
66.5. Приёмы и советы по применению GIN	2164
66.6. Ограничения	2165
66.7. Примеры	2165
67. Индексы BRIN	2166
67.1. Введение	2166
67.2. Встроенные классы операторов	2167
67.3. Расширяемость	2168
68. Физическое хранение базы данных	2171
68.1. Размещение файлов базы данных	2171
68.2. TOAST	2173
68.3. Карта свободного пространства	2176
68.4. Карта видимости	2177
68.5. Слой инициализации	2177
68.6. Компоновка страницы базы данных	2177
69. Объявление и начальное содержимое системных каталогов	2181
69.1. Правила объявления системных каталогов	2181

69.2. Исходные данные системных каталогов	2182
69.3. Формат файла BKI	2186
69.4. Команды BKI	2186
69.5. Структура файла BKI	2187
69.6. Пример BKI	2188
70. Как планировщик использует статистику	2189
70.1. Примеры оценки количества строк	2189
70.2. Примеры многовариантной статистики	2194
70.3. Статистика планировщика и безопасность	2195
VIII. Приложения	2197
A. Коды ошибок PostgreSQL	2198
B. Поддержка даты и времени	2207
B.1. Интерпретация данных даты и времени	2207
B.2. Ключевые слова для обозначения даты и времени	2208
B.3. Файлы конфигурации даты/времени	2209
B.4. История единиц измерения времени	2210
C. Ключевые слова SQL	2212
D. Соответствие стандарту SQL	2244
D.1. Поддерживаемые возможности	2245
D.2. Неподдерживаемые возможности	2263
E. Замечания к выпуску	2277
E.1. Выпуск 11.1	2277
E.2. Выпуск 11	2279
E.3. Выпуск 10.6	2298
E.4. Выпуск 10.5	2304
E.5. Выпуск 10.4	2309
E.6. Выпуск 10.3	2314
E.7. Выпуск 10.2	2316
E.8. Выпуск 10.1	2321
E.9. Выпуск 10	2324
E.10. Release 9.6.11	2346
E.11. Выпуск 9.6.10	2351
E.12. Выпуск 9.6.9	2354
E.13. Выпуск 9.6.8	2359
E.14. Выпуск 9.6.7	2360
E.15. Выпуск 9.6.6	2364
E.16. Выпуск 9.6.5	2367
E.17. Выпуск 9.6.4	2369
E.18. Выпуск 9.6.3	2374
E.19. Выпуск 9.6.2	2379
E.20. Выпуск 9.6.1	2385
E.21. Выпуск 9.6	2388
E.22. Выпуск 9.5.15	2408
E.23. Выпуск 9.5.14	2412
E.24. Выпуск 9.5.13	2415
E.25. Выпуск 9.5.12	2418
E.26. Выпуск 9.5.11	2420
E.27. Выпуск 9.5.10	2423
E.28. Выпуск 9.5.9	2426
E.29. Выпуск 9.5.8	2427
E.30. Выпуск 9.5.7	2433
E.31. Выпуск 9.5.6	2437
E.32. Выпуск 9.5.5	2442
E.33. Выпуск 9.5.4	2446
E.34. Выпуск 9.5.3	2451
E.35. Выпуск 9.5.2	2453
E.36. Выпуск 9.5.1	2456
E.37. Выпуск 9.5	2457

F. Дополнительно поставляемые модули	2472
F.1. adminpack	2473
F.2. amcheck	2473
F.3. auth_delay	2477
F.4. auto_explain	2477
F.5. bloom	2479
F.6. btree_gin	2482
F.7. btree_gist	2483
F.8. citext	2484
F.9. cube	2486
F.10. dblink	2491
F.11. dict_int	2520
F.12. dict_xsyn	2520
F.13. earthdistance	2522
F.14. file_fdw	2523
F.15. fuzzystrmatch	2526
F.16. hstore	2528
F.17. intagg	2534
F.18. intarray	2535
F.19. isn	2538
F.20. lo	2541
F.21. ltree	2542
F.22. pageinspect	2549
F.23. passwordcheck	2555
F.24. pg_buffercache	2556
F.25. pgcrypto	2557
F.26. pg_freespacemap	2568
F.27. pg_prewarm	2569
F.28. pgrowlocks	2570
F.29. pg_stat_statements	2571
F.30. pgstattuple	2576
F.31. pg_trgm	2581
F.32. pg_visibility	2586
F.33. postgres_fdw	2587
F.34. seg	2593
F.35. sepgsql	2596
F.36. spi	2604
F.37. sslinfo	2606
F.38. tablefunc	2608
F.39. tcn	2617
F.40. test_decoding	2618
F.41. tsm_system_rows	2618
F.42. tsm_system_time	2619
F.43. unaccent	2619
F.44. uuid-oss	2621
F.45. xml2	2623
G. Дополнительно поставляемые программы	2628
G.1. Клиентские приложения	2628
G.2. Серверные приложения	2634
H. Внешние проекты	2639
H.1. Клиентские интерфейсы	2639
H.2. Средства администрирования	2639
H.3. Процедурные языки	2639
H.4. Расширения	2640
I. Репозиторий исходного кода	2641
I.1. Получение исходного кода из Git	2641
J. Документация	2642
J.1. DocBook	2642

J.2. Инструментарий	2642
J.3. Сборка документации	2644
J.4. Написание документации	2645
J.5. Руководство по стилю	2645
К. Сокращения	2648
Библиография	2653
Предметный указатель	2655

Предисловие

Эта книга является официальной документацией PostgreSQL. Она была написана разработчиками и добровольцами параллельно с разработкой программного продукта. В ней описывается вся функциональность, которую официально поддерживает текущая версия PostgreSQL.

Чтобы такой большой объём информации о PostgreSQL был удобоварим, эта книга разделена на части. Каждая часть предназначена определённой категории пользователей или пользователям на разных стадиях освоения PostgreSQL:

- Часть I представляет собой неформальное введение для начинающих.
- Часть II описывает язык SQL и его среду, включая типы данных и функции, а также оптимизацию производительности на уровне пользователей. Это будет полезно прочитать всем пользователям PostgreSQL.
- Часть III описывает установку и администрирование сервера. Эта часть будет полезна всем, кто использует сервер PostgreSQL для самых разных целей.
- Часть IV описывает программные интерфейсы для клиентских приложений PostgreSQL.
- Часть V предназначена для более опытных пользователей и содержит сведения о возможностях расширения сервера. Эта часть включает темы, посвящённые, в частности, пользовательским типам данных и функциям.
- Часть VI содержит справочную информацию о командах SQL, а также клиентских и серверных программах. Эта часть дополняет другие информацией, структурированной по командам и программам.
- Часть VII содержит разнообразную информацию, полезную для разработчиков PostgreSQL.

1. Что такое PostgreSQL?

PostgreSQL — это объектно-реляционная система управления базами данных (ОРСУБД, ORDBMS), основанная на *POSTGRES, Version 4.2* — программе, разработанной на факультете компьютерных наук Калифорнийского университета в Беркли. В POSTGRES появилось множество новшеств, которые были реализованы в некоторых коммерческих СУБД гораздо позднее.

PostgreSQL — СУБД с открытым исходным кодом, основой которого был код, написанный в Беркли. Она поддерживает большую часть стандарта SQL и предлагает множество современных функций:

- сложные запросы
- внешние ключи
- триггеры
- изменяемые представления
- транзакционная целостность
- многоверсионность

Кроме того, пользователи могут всячески расширять возможности PostgreSQL, например создавая свои

- типы данных
- функции
- операторы
- агрегатные функции
- методы индексирования
- процедурные языки

А благодаря свободной лицензии, PostgreSQL разрешается бесплатно использовать, изменять и распространять всем и для любых целей — личных, коммерческих или учебных.

2. Краткая история PostgreSQL

Объектно-реляционная система управления базами данных, именуемая сегодня PostgreSQL, произошла от пакета POSTGRES, написанного в Беркли, Калифорнийском университете. После двух десятилетий разработки PostgreSQL стал самой развитой СУБД с открытым исходным кодом.

2.1. Проект POSTGRES в Беркли

Проект POSTGRES, возглавляемый профессором Майклом Стоунбрейкером, спонсировали агентство DARPA при Минобороны США, Управление военных исследований (ARO), Национальный Научный Фонд (NSF) и компания ESL, Inc. Реализация POSTGRES началась в 1986 г. Первоначальные концепции системы были представлены в документе ston86, а описание первой модели данных появилось в ston87. Проект системы правил тогда был представлен в ston87a. Суть и архитектура менеджера хранилища были расписаны в ston87b.

С тех пор POSTGRES прошёл несколько этапов развития. Первая «демоверсия» заработала в 1987 и была показана в 1988 на конференции ACM-SIGMOD. Версия 1, описанная в ston90a, была выпущена для нескольких внешних пользователей в июне 1989. В ответ на критику первой системы правил (ston89), она была переделана (ston90b), и в версии 2, выпущенной в июне 1990, была уже новая система правил. В 1991 вышла версия 3, в которой появилась поддержка различных менеджеров хранилища, улучшенный исполнитель запросов и переписанная система правил. Последующие выпуски до Postgres95 (см. ниже) в основном были направлены на улучшение портируемости и надёжности.

POSTGRES применялся для реализации множества исследовательских и производственных задач. В их числе: система анализа финансовых данных, пакет мониторинга работы реактивных двигателей, база данных наблюдений за астероидами, база данных медицинской информации, несколько географических информационных систем. POSTGRES также использовался для обучения в нескольких университетах. Наконец, компания Illustra Information Technologies (позже ставшая частью Informix, которая сейчас принадлежит IBM) воспользовалась кодом и нашла ему коммерческое применение. В конце 1992 POSTGRES стал основной СУБД научного вычислительного проекта *Sequoia 2000*.

В 1993 число внешних пользователей удвоилось. Стало очевидно, что обслуживание кода и поддержка занимает слишком много времени, и его не хватает на исследования. Для снижения этой нагрузки проект POSTGRES в Беркли был официально закрыт на версии 4.2.

2.2. Postgres95

В 1994 Эндри Ю и Джолли Чен добавили в POSTGRES интерпретатор языка SQL. Уже с новым именем Postgres95 был опубликован в Интернете и начал свой путь как потомок разработанного в Беркли POSTGRES, с открытым исходным кодом.

Код Postgres95 был приведён в полное соответствие с ANSI C и уменьшился на 25%. Благодаря множеству внутренних изменений он стал быстрее и удобнее. Postgres95 версии 1.0.x работал примерно на 30-50% быстрее POSTGRES версии 4.2 (по тестам Wisconsin Benchmark). Помимо исправления ошибок, произошли следующие изменения:

- На смену языку запросов PostQUEL пришёл SQL (реализованный в сервере). (Интерфейсная библиотека libpq унаследовала своё имя от PostQUEL.) Подзапросы не поддерживались до выхода PostgreSQL (см. ниже), хотя их можно было имитировать в Postgres95 с помощью пользовательских функций SQL. Были заново реализованы агрегатные функции. Также появилась поддержка предложения GROUP BY.
- Для интерактивных SQL-запросов была разработана новая программа (psql), которая использовала GNU Readline. Старая программа monitor стала не нужна.
- Появилась новая клиентская библиотека libpgtcl для поддержки Tcl-клиентов. Пример оболочки, pgctlsh, представлял новые команды Tcl для взаимодействия программ Tcl с сервером Postgres95.
- Был усовершенствован интерфейс для работы с большими объектами. Единственным механизмом хранения таких данных стали инверсионные объекты. (Инверсионная файловая система была удалена.)

- Удалена система правил на уровне экземпляров; перезаписывающие правила сохранились.
- С исходным кодом стали распространяться краткие описания возможностей стандартного SQL, а также самого Postgres95.
- Для сборки использовался GNU make (вместо BSD make). Кроме того, стало возможно скомпилировать Postgres95 с немодифицированной версией GCC (было исправлено выравнивание данных).

2.3. PostgreSQL

В 1996 г. стало понятно, что имя «Postgres95» не выдержит испытание временем. Мы выбрали новое имя, PostgreSQL, отражающее связь между оригинальным POSTGRES и более поздними версиями с поддержкой SQL. В то же время, мы продолжили нумерацию версий с 6.0, вернувшись к последовательности, начатой в проекте Беркли POSTGRES.

Многие продолжают называть PostgreSQL именем «Postgres» (теперь уже редко заглавными буквами) по традиции или для простоты. Это название закрепилось как псевдоним или неформальное обозначение.

В процессе разработки Postgres95 основными задачами были поиск и понимание существующих проблем в серверном коде. С переходом к PostgreSQL акценты сместились к реализации новых функций и возможностей, хотя работа продолжается во всех направлениях.

Подробнее узнать о том, что происходило с PostgreSQL с тех пор, можно в Приложении Е.

3. Соглашения

Следующие соглашения используются в описаниях команд: квадратные скобки (`[` и `]`) обозначают необязательные части. (В описании команд Tcl вместо них используются знаки вопроса (?), как принято в Tcl.) Фигурные скобки (`{` и `}`) и вертикальная черта (`|`) обозначают выбор одного из предложенных вариантов. Многоточие (`...`) означает, что предыдущий элемент можно повторить.

Иногда для ясности команды SQL предваряются приглашением `=>`, а команды оболочки — приглашением `$`.

Под *администратором* здесь обычно понимается человек, ответственный за установку и запуск сервера, тогда как *пользователь* — кто угодно, кто использует или желает использовать любой компонент системы PostgreSQL. Эти роли не следует воспринимать слишком узко, так как в этой книге нет определённых допущений относительно процедур системного администрирования.

4. Полезные ресурсы

Помимо этой документации, то есть книги, есть и другие ресурсы, посвящённые PostgreSQL:

Wiki

Вики-раздел сайта PostgreSQL содержит FAQ (список популярных вопросов), *TODO* (список предстоящих дел) и подробную информацию по многим темам.

Основной сайт

Сайт PostgreSQL содержит подробное описание каждого выпуска и другую информацию, которая поможет в работе или игре с PostgreSQL.

Списки рассылки

Списки рассылки — подходящее место для того, чтобы получить ответы на вопросы, поделиться своим опытом с другими пользователями и связаться с разработчиками. Подробнее узнать о них можно на сайте PostgreSQL.

Вы сами!

PostgreSQL — проект open-source. А значит, поддержка его зависит от сообщества пользователей. Начиная использовать PostgreSQL, вы будете полагаться на явную или неявную помощь

других людей, обращаясь к документации или в списки рассылки. Подумайте, как вы можете отблагодарить сообщество, поделившись своими знаниями. Читайте списки рассылки и отвечайте на вопросы. Если вы узнали о чём-то, чего нет в документации, сделайте свой вклад, описав это. Если вы добавляете новые функции в код, поделитесь своими доработками.

5. Как правильно сообщить об ошибке

Если вы найдёте ошибку в PostgreSQL, дайте нам знать о ней. Благодаря вашему отчёту об ошибке, PostgreSQL станет ещё более надёжным, ведь даже при самом высоком качестве кода нельзя гарантировать, что каждый блок и каждая функция PostgreSQL будет работать везде и при любых обстоятельствах.

Следующие предложения призваны помочь вам в составлении отчёта об ошибке, который можно будет обработать эффективно. Мы не требуем их неукоснительного выполнения, но всё же лучше следовать им для общего блага.

Мы не можем обещать, что каждая ошибка будет исправлена немедленно. Если ошибка очевидна, критична или касается множества пользователей, велики шансы, что ей кто-то займётся. Бывает, что мы рекомендуем обновить версию и проверить, сохраняется ли ошибка. Мы также можем решить, что ошибку нельзя исправить, пока не будет проделана большая работа, которая уже запланирована. Случается и так, что исправить ошибку слишком сложно, а на повестке дня есть много более важных дел. Если же вы хотите, чтобы вам помогли немедленно, возможно вам стоит заключить договор на коммерческую поддержку.

5.1. Диагностика ошибок

Прежде чем сообщать об ошибке, пожалуйста, прочитайте и перечитайте документацию и убедитесь, что вообще возможно сделать то, что вы хотите. Если из документации неясно, можно это сделать или нет, пожалуйста, сообщите и об этом (тогда это ошибка в документации). Если выясняется, что программа делает что-то не так, как написано в документации, это тоже ошибка. Вот лишь некоторые примеры возможных ошибок:

- Программа завершается с аварийным сигналом или сообщением об ошибке операционной системы, указывающей на проблему в программе. (В качестве контрпримера можно привести сообщение «Нет места на диске» — эту проблему вы должны решить сами.)
- Программа выдаёт неправильный результат для любых вводимых данных.
- Программа отказывается принимать допустимые (согласно документации) данные.
- Программа принимает недопустимые данные без сообщения об ошибке или предупреждения. Но помните: то, что вы считаете недопустимым, мы можем считать приемлемым расширением или совместимым с принятой практикой.
- Не удаётся скомпилировать, собрать или установить PostgreSQL на поддерживаемой платформе, выполняя соответствующие инструкции.

Здесь под «программой» подразумевается произвольный исполняемый файл, а не исключительно серверный процесс.

Медленная работа или высокая загрузка ресурсов — это не обязательно ошибка. Попробуйте оптимизировать ваши приложения, прочитав документацию или попросив помощи в списках рассылки. Также может не быть ошибкой какое-то несоответствие стандарту SQL, если только явно не декларируется соответствие в данном аспекте.

Прежде чем подготовить сообщение, проверьте, не упоминается ли эта ошибка в списке TODO или FAQ. Если вы не можете разобраться в нашем списке TODO, сообщите о своей проблеме. По крайней мере так мы сделаем список TODO более понятным.

5.2. Что сообщать

Главное правило, которое нужно помнить — сообщайте все факты и только факты. Не стройте догадки, что по вашему мнению работает не так, что «по-видимому происходит», или в какой части

программы ошибка. Если вы не знакомы с тонкостями реализации, вы скорее всего ошибётесь и ничем нам не поможете. И даже если не ошибётесь, расширенные объяснения могут быть прекрасным дополнением, но не заменой фактам. Если мы соберёмся исправить ошибку, мы всё равно сами должны будем посмотреть, в чём она. С другой стороны, сообщить голые факты довольно просто (можно просто скопировать текст с экрана), но часто важные детали опускаются, потому что не считаются таковыми или кажется, что отчёт будет и без того понятен.

В каждом отчёте об ошибке следует указать:

- Точную последовательность действий для воспроизведения проблемы, начиная с *запуска программы*. Она должна быть самодостаточной; если вывод зависит от данных в таблицах, то недостаточно сообщить один лишь `SELECT`, без предшествующих операторов `CREATE TABLE` и `INSERT`. У нас не будет времени, чтобы восстанавливать схему базы данных по предоставленной информации, и если предполагается, что мы будем создавать свои тестовые данные, вероятнее всего мы пропустим это сообщение.

Лучший формат теста для проблем с SQL — файл, который можно передать программе `psql` и увидеть проблему. (И убедитесь, что в вашем файле `~/.psqlrc` ничего нет.) Самый простой способ получить такой файл — выгрузить объявления таблиц и данные, необходимые для создания полигона, с помощью `pg_dump`, а затем добавить проблемный запрос. Постарайтесь сократить размер вашего тестового примера, хотя это не абсолютно необходимо. Если ошибка воспроизводится, мы найдём её в любом случае.

Если ваше приложение использует какой-то другой клиентский интерфейс, например PHP, пожалуйста, попытайтесь свести ошибку к проблемным запросам. Мы вряд ли будем устанавливать веб-сервер у себя, чтобы воспроизвести вашу проблему. В любом случае помните, что нам нужны ваши конкретные входные файлы; мы не будем гадать, что подразумевается в сообщении о проблеме с «большими файлами» или «базой среднего размера», так как это слишком расплывчатые понятия.

- Результат, который вы получаете. Пожалуйста, не говорите, что что-то «не работает» или «сбоит». Если есть сообщение об ошибке, покажите его, даже если вы его не понимаете. Если программа завершается ошибкой операционной системы, сообщите какой. Или если ничего не происходит, отразите это. Даже если в результате вашего теста происходит сбой программы или что-то очевидное, мы можем не наблюдать этого у себя. Проще всего будет скопировать текст с терминала, если это возможно.

Примечание

Если вы упоминаете сообщение об ошибке, пожалуйста, укажите его в наиболее полной форме. Например, в `psql`, для этого сначала выполните `\set VERBOSITY verbose`. Если вы цитируете сообщения из журнала событий сервера, присвойте параметру выполнения `log_error_verbosity` значение `verbose`, чтобы журнал был наиболее подробным.

Примечание

В случае фатальных ошибок сообщение на стороне клиента может не содержать всю необходимую информацию. Пожалуйста, также изучите журнал сервера баз данных. Если сообщения журнала у вас не сохраняются, это подходящий повод, чтобы начать сохранять их.

- Очень важно отметить, какой результат вы ожидали получить. Если вы просто напишете «Эта команда выдаёт это.» или «Это не то, что мне нужно.», мы можем запустить ваш пример, посмотреть на результат и решить, что всё в порядке и никакой ошибки нет. Не заставляйте нас тратить время на расшифровку точного смысла ваших команд. В частности, воздержитесь от

утверждений типа «Это не то, что делает Oracle/положено по стандарту SQL». Выяснить, как должно быть по стандарту SQL, не очень интересно, а кроме того мы не знаем, как ведут себя все остальные реляционные базы данных. (Если вы наблюдаете аварийное завершение программы, этот пункт, очевидно, неуместен.)

- Все параметры командной строки и другие параметры запуска, включая все связанные переменные окружения или файлы конфигурации, которые вы изменяли. Пожалуйста, предоставляйте точные сведения. Если вы используете готовый дистрибутив, в котором сервер БД запускается при загрузке системы, вам следует выяснить, как это происходит.
- Всё, что вы делали не так, как написано в инструкциях по установке.
- Версию PostgreSQL. Чтобы выяснить версию сервера, к которому вы подключены, можно выполнить команду `SELECT version();`. Большинство исполняемых программ также поддерживают параметр `--version`; как минимум должно работать `postgres --version` и `psql --version`. Если такая функция или параметры не поддерживаются, вероятно вашу версию давно пора обновить. Если вы используете дистрибутивный пакет, например RPM, сообщите это, включая полную версию этого пакета. Если же вы работаете со снимком Git, укажите это и хеш последней правки.

Если ваша версия старше, чем 11.1, мы почти наверняка посоветуем вам обновиться. В каждом новом выпуске очень много улучшений и исправлений ошибок, так что ошибка, которую вы встретили в старой версии PostgreSQL, скорее всего уже исправлена. Мы можем обеспечить только ограниченную поддержку для тех, кто использует старые версии PostgreSQL; если вам этого недостаточно, подумайте о заключении договора коммерческой поддержки.

- Сведения о платформе, включая название и версию ядра, библиотеки C, характеристики процессора, памяти и т. д. Часто бывает достаточно сообщить название и версию ОС, но не рассчитывайте, что все знают, что именно подразумевается под «Debian», или что все используют i386. Если у вас возникают сложности со сборкой кода и установкой, также необходима информация о сборочной среде вашего компьютера (компилятор, make и т. д.).

Не бойтесь, если ваш отчёт об ошибке не будет краток. У таланта есть ещё и брат. Лучше сообщить обо всём сразу, чем мы будем потом выуживать факты из вас. С другой стороны, если файлы, которые вы хотите показать, велики, правильнее будет сначала спросить, хочет ли кто-то взглянуть на них. В *этой статье* вы найдёте другие советы по составлению отчётов об ошибках.

Не тратьте всё своё время, чтобы выяснить, при каких входных данных исчезает проблема. Это вряд ли поможет решить её. Если выяснится, что быстро исправить ошибку нельзя, тогда у вас будет время найти обходной путь и сообщить о нём. И опять же, не тратьте своё время на выяснение, почему возникает эта ошибка. Мы найдём её причину достаточно быстро.

Сообщая об ошибке, старайтесь не допускать путаницы в терминах. Программный пакет в целом называется «PostgreSQL», иногда «Postgres» для краткости. Если вы говорите именно о серверном процессе, упомяните это; не следует говорить «сбой в PostgreSQL». Сбой одного серверного процесса кардинально отличается от сбоя родительского процесса «postgres», поэтому, пожалуйста, не называйте «сбоем сервера» отключение одного из подчинённых серверных процессов и наоборот. Кроме того, клиентские программы, такие как интерактивный «psql» существуют совершенно отдельно от серверной части. По возможности постарайтесь точно указать, где наблюдается проблема, на стороне клиента или сервера.

5.3. Куда сообщать

В общем случае посылать сообщения об ошибках следует в список рассылки `<pgsql-bugs@postgresql.org>`. Вам надо будет написать информативную тему письма, возможно включив в неё часть сообщения об ошибке.

Ещё один вариант отправки сообщения — заполнить отчёт об ошибке в веб-форме на *сайте проекта*. В этом случае ваше сообщение будет автоматически отправлено в список рассылки `<pgsql-bugs@postgresql.org>`.

Если вы сообщаете об ошибке, связанной с безопасностью, и не хотите, чтобы ваше сообщение появилось в публичных архивах, не отправляйте его в `pgsql-bugs`. Об уязвимостях вы можете написать в закрытую группу `<security@postgresql.org>`.

Не посылайте сообщения в списки рассылки для пользователей, например в `<pgsql-sql@postgresql.org>` или `<pgsql-general@postgresql.org>`. Эти рассылки предназначены для ответов на вопросы пользователей, и их подписчики обычно не хотят получать сообщения об ошибках, более того, они вряд ли исправят их.

Также, пожалуйста, *не* отправляйте отчёты об ошибках в список `<pgsql-hackers@postgresql.org>`. Этот список предназначен для обсуждения разработки PostgreSQL, и будет лучше, если сообщения об ошибках будут существовать отдельно. Хотя мы можем перенести обсуждение вашей ошибки в `pgsql-hackers`, если проблема требует дополнительного рассмотрения.

Если вы столкнулись с ошибкой в документации, лучше всего написать об этом в список рассылки, посвящённый документации, `<pgsql-docs@postgresql.org>`. Пожалуйста, постарайтесь конкретизировать, какая часть документации вас не устраивает.

Если ваша ошибка связана с переносимостью на неподдерживаемой платформе, отправьте письмо по адресу `<pgsql-hackers@postgresql.org>`, чтобы мы (и вы) смогли запустить PostgreSQL на вашей платформе.

Примечание

Из-за большого количества спама все вышеупомянутые адреса сделаны закрытыми. То есть, чтобы отправить сообщение в список рассылки, вы должны подписаться на него. (Хотя это не требуется при использовании веб-формы сообщения об ошибке.) Если вы хотите отправить сообщение, но не получать затем письма из рассылки, вы можете подписаться и поставить в параметрах подписки `nomail`. Получить дополнительную информацию вы можете, отправив по адресу `<majordomo@postgresql.org>` одно слово `help` в теле сообщения.

Часть I. Введение

Добро пожаловать на встречу с PostgreSQL. В следующих главах вы сможете получить общее представление о PostgreSQL, реляционных базах данных и языке SQL, если вы ещё не знакомы с этими темами. Этот материал будет понятен даже тем, кто обладает только общими знаниями о компьютерах. Ни опыт программирования, ни навыки использования Unix-систем не требуются. Основная цель этой части — познакомить вас на практике с ключевыми аспектами системы PostgreSQL, поэтому затрагиваемые в ней темы не будут рассматриваться максимально глубоко и полно.

Прочитав это введение, вы, возможно, захотите перейти к Части II, чтобы получить более формализованное знание языка SQL, или к Части IV, посвящённой разработке приложений для PostgreSQL. Тем же, кто устанавливает и администрирует сервер самостоятельно, следует также прочитать Часть III.

Глава 1. Начало

1.1. Установка

Прежде чем вы сможете использовать PostgreSQL, вы конечно должны его установить. Однако возможно, что PostgreSQL уже установлен у вас, либо потому что он включён в вашу операционную систему, либо его установил системный администратор. Если это так, обратитесь к документации по операционной системе или к вашему администратору и узнайте, как получить доступ к PostgreSQL.

Если же вы не знаете, установлен ли PostgreSQL или можно ли использовать его для экспериментов, тогда просто установите его сами. Сделать это несложно и это будет хорошим упражнением. PostgreSQL может установить любой обычный пользователь; права суперпользователя (root) не требуются.

Если вы устанавливаете PostgreSQL самостоятельно, обратитесь к Главе 16 за инструкциями по установке, а закончив установку, вернитесь к этому введению. Обязательно прочитайте и выполните указания по установке соответствующих переменных окружения.

Если ваш администратор выполнил установку не с параметрами по умолчанию, вам может потребоваться проделать дополнительную работу. Например, если сервер баз данных установлен на удалённом компьютере, вам нужно будет указать в переменной окружения `PGHOST` имя этого компьютера. Вероятно, также придётся установить переменную окружения `PGPORT`. То есть, если вы пытаетесь запустить клиентское приложение и оно сообщает, что не может подключиться к базе данных, вы должны обратиться к вашему администратору. Если это вы сами, вам следует обратиться к документации и убедиться в правильности настройки окружения. Если вы не поняли, о чём здесь идёт речь, перейдите к следующему разделу.

1.2. Основы архитектуры

Прежде чем продолжить, вы должны разобраться в основах архитектуры системы PostgreSQL. Составив картину взаимодействия частей PostgreSQL, вы сможете лучше понять материал этой главы.

Говоря техническим языком, PostgreSQL реализован в архитектуре клиент-сервер. Рабочий сеанс PostgreSQL включает следующие взаимодействующие процессы (программы):

- Главный серверный процесс, управляющий файлами баз данных, принимающий подключения клиентских приложений и выполняющий различные запросы клиентов к базам данных. Эта программа сервера БД называется `postgres`.
- Клиентское приложение пользователя, желающее выполнять операции в базе данных. Клиентские приложения могут быть очень разнообразными: это может быть текстовая утилита, графическое приложение, веб-сервер, использующий базу данных для отображения веб-страниц, или специализированный инструмент для обслуживания БД. Некоторые клиентские приложения поставляются в составе дистрибутива PostgreSQL, однако большинство создают сторонние разработчики.

Как и в других типичных клиент-серверных приложениях, клиент и сервер могут располагаться на разных компьютерах. В этом случае они взаимодействуют по сети TCP/IP. Важно не забывать это и понимать, что файлы, доступные на клиентском компьютере, могут быть недоступны (или доступны только под другим именем) на компьютере-сервере.

Сервер PostgreSQL может обслуживать одновременно несколько подключений клиентов. Для этого он запускает («порождает») отдельный процесс для каждого подключения. Можно сказать, что клиент и серверный процесс общаются, не затрагивая главный процесс `postgres`. Таким образом, главный серверный процесс всегда работает и ожидает подключения клиентов, принимая которые, он организует взаимодействие клиента и отдельного серверного процесса. (Конечно всё это

происходит незаметно для пользователя, а эта схема рассматривается здесь только для понимания.)

1.3. Создание базы данных

Первое, как можно проверить, есть ли у вас доступ к серверу баз данных, — это попытаться создать базу данных. Работающий сервер PostgreSQL может управлять множеством баз данных, что позволяет создавать отдельные базы данных для разных проектов и пользователей.

Возможно, ваш администратор уже создал базу данных для вас. В этом случае вы можете пропустить этот этап и перейти к следующему разделу.

Для создания базы данных, в этом примере названной `mydb`, выполните следующую команду:

```
$ createdb mydb
```

Если вы не увидите никаких сообщений, значит операция была выполнена успешно и продолжение этого раздела можно пропустить.

Если вы видите сообщение типа:

```
createdb: command not found
```

значит PostgreSQL не был установлен правильно. Либо он не установлен вообще, либо в путь поиска команд оболочки не включён его каталог. Попробуйте вызвать ту же команду, указав абсолютный путь:

```
$ /usr/local/pgsql/bin/createdb mydb
```

У вас этот путь может быть другим. Свяжитесь с вашим администратором или проверьте, как были выполнены инструкции по установке, чтобы исправить ситуацию.

Ещё один возможный ответ:

```
createdb: не удалось подключиться к базе postgres:
  не удалось подключиться к серверу: No such file or directory
    Он действительно работает локально и принимает
    соединения через Unix-сокеты "/tmp/.s.PGSQL.5432"?
```

Это означает, что сервер не работает или `createdb` не может к нему подключиться. И в этом случае пересмотрите инструкции по установке или обратитесь к администратору.

Также вы можете получить сообщение:

```
createdb: не удалось подключиться к базе postgres:
  ВАЖНО: роль "joe" не существует
```

где фигурирует ваше имя пользователя. Это говорит о том, что администратор не создал учётную запись PostgreSQL для вас. (Учётные записи PostgreSQL отличаются от учётных записей пользователей операционной системы.) Если вы сами являетесь администратором, прочитайте Главу 21, где написано, как создавать учётные записи. Для создания нового пользователя вы должны стать пользователем операционной системы, под именем которого был установлен PostgreSQL (обычно это `postgres`). Также возможно, что вам назначено имя пользователя PostgreSQL, не совпадающее с вашим именем в ОС; в этом случае вам нужно явно указать ваше имя пользователя PostgreSQL, используя ключ `-U` или установив переменную окружения `PGUSER`.

Если у вас есть учётная запись пользователя, но нет прав на создание базы данных, вы увидите сообщение:

```
createdb: создать базу данных не удалось:
  ОШИБКА: нет прав на создание базы данных
```

Создавать базы данных разрешено не всем пользователям. Если PostgreSQL отказывается создавать базы данных для вас, значит вам необходимо соответствующее разрешение. В этом случае

обратитесь к вашему администратору. Если вы устанавливали PostgreSQL сами, то для целей этого введения вы должны войти в систему с именем пользователя, запускающего сервер БД.¹

Вы также можете создавать базы данных с другими именами. PostgreSQL позволяет создавать сколько угодно баз данных. Имена баз данных должны начинаться с буквы и быть не длиннее 63 символов. В качестве имени базы данных удобно использовать ваше текущее имя пользователя. Многие утилиты предполагают такое имя по умолчанию, так что вы сможете упростить ввод команд. Чтобы создать базу данных с таким именем, просто введите:

```
$ createdb
```

Если вы больше не хотите использовать вашу базу данных, вы можете удалить её. Например, если вы владелец (создатель) базы данных `mydb`, вы можете уничтожить её, выполнив следующую команду:

```
$ dropdb mydb
```

(Эта команда не считает именем БД по умолчанию имя текущего пользователя, вы должны явно указать его.) В результате будут физически удалены все файлы, связанные с базой данных, и так как отменить это действие нельзя, не выполняйте его, не подумав о последствиях.

Узнать о командах `createdb` и `dropdb` больше можно в справке `createdb` и `dropdb`.

1.4. Подключение к базе данных

Создав базу данных, вы можете обратиться к ней:

- Запустив терминальную программу PostgreSQL под названием *psql*, в которой можно интерактивно вводить, редактировать и выполнять команды SQL.
- Используя существующие графические инструменты, например, pgAdmin или офисный пакет с поддержкой ODBC или JDBC, позволяющий создавать и управлять базой данных. Эти возможности здесь не рассматриваются.
- Написав собственное приложение, используя один из множества доступных языковых интерфейсов. Подробнее это рассматривается в Части IV.

Чтобы работать с примерами этого введения, начните с *psql*. Подключиться с его помощью к базе данных `mydb` можно, введя команду:

```
$ psql mydb
```

Если имя базы данных не указать, она будет выбрана по имени пользователя. Об этом уже рассказывалось в предыдущем разделе, посвящённом команде `createdb`.

В *psql* вы увидите следующее сообщение:

```
psql (11.1)
Type "help" for help.
```

```
mydb=>
```

Последняя строка может выглядеть и так:

```
mydb=#
```

Что показывает, что вы являетесь суперпользователем, и так скорее всего будет, если вы устанавливали экземпляр PostgreSQL сами. В этом случае на вас не будут распространяться никакие ограничения доступа, но для целей данного введения это не важно.

Если вы столкнулись с проблемами при запуске *psql*, вернитесь к предыдущему разделу. Команды `createdb` и *psql* подключаются к серверу одинаково, так что если первая работает, должна работать и вторая.

¹Объяснить это поведение можно так: Учётные записи пользователей PostgreSQL отличаются от учётных записей операционной системы. При подключении к базе данных вы можете указать, с каким именем пользователя PostgreSQL нужно подключаться. По умолчанию же используется имя, с которым вы зарегистрированы в операционной системе. При этом получается, что в PostgreSQL всегда есть учётная запись с именем, совпадающим с именем системного пользователя, запускающего сервер, и к тому же этот пользователь всегда имеет права на создание баз данных. И чтобы подключиться с именем этого пользователя PostgreSQL, необязательно входить с этим именем в систему, достаточно везде передавать его с параметром `-U`.

Последняя строка в выводе `psql` — это приглашение, которое показывает, что `psql` ждёт ваших команд и вы можете вводить SQL-запросы в рабочей среде `psql`. Попробуйте эти команды:

```
mydb=> SELECT version();
```

```
version
```

```
-----  
PostgreSQL 11.1 on x86_64-pc-linux-gnu, compiled by gcc (Debian 4.9.2-10) 4.9.2, 64-  
bit  
(1 row)
```

```
mydb=> SELECT current_date;
```

```
date
```

```
-----  
2016-01-07  
(1 row)
```

```
mydb=> SELECT 2 + 2;
```

```
?column?
```

```
-----  
4  
(1 row)
```

В программе `psql` есть множество внутренних команд, которые не являются SQL-операторами. Они начинаются с обратной косой черты, «`\`». Например, вы можете получить справку по различным SQL-командам PostgreSQL, введя:

```
mydb=> \h
```

Чтобы выйти из `psql`, введите:

```
mydb=> \q
```

и `psql` завершит свою работу, а вы вернётесь в командную оболочку операционной системы. (Чтобы узнать о внутренних командах, введите `\?` в приглашении командной строки `psql`.) Все возможности `psql` документированы в справке `psql`. В этом руководстве мы не будем использовать эти возможности явно, но вы можете изучить их и применять при удобном случае.

Глава 2. Язык SQL

2.1. Введение

В этой главе рассматривается использование SQL для выполнения простых операций. Она призвана только познакомить вас с SQL, но ни в коей мере не претендует на исчерпывающее руководство. Про SQL написано множество книг, включая melt93 и date97. При этом следует учитывать, что некоторые возможности языка PostgreSQL являются расширениями стандарта.

В следующих примерах мы предполагаем, что вы создали базу данных `mydb`, как описано в предыдущей главе, и смогли запустить `psql`.

Примеры этого руководства также можно найти в пакете исходного кода PostgreSQL в каталоге `src/tutorial/`. (Двоичные дистрибутивы PostgreSQL могут не включать эти файлы.) Чтобы использовать эти файлы, перейдите в этот каталог и запустите `make`:

```
$ cd ../src/tutorial
$ make
```

При этом будут созданы скрипты и скомпилированы модули C, содержащие пользовательские функции и типы. Затем, чтобы начать работу с учебным материалом, выполните следующее:

```
$ cd ../tutorial
$ psql -s mydb
```

```
...
```

```
mydb=> \i basics.sql
```

Команда `\i` считывает и выполняет команды из заданного файла. Переданный `psql` параметр `-s` переводит его в пошаговый режим, когда он делает паузу перед отправкой каждого оператора серверу. Команды, используемые в этом разделе, содержатся в файле `basics.sql`.

2.2. Основные понятия

PostgreSQL — это *реляционная система управления базами данных* (РСУБД). Это означает, что это система управления данными, представленными в виде *отношений* (relation). Отношение — это математически точное обозначение *таблицы*. Хранение данных в таблицах так распространено сегодня, что это кажется самым очевидным вариантом, хотя есть множество других способов организации баз данных. Например, файлы и каталоги в Unix-подобных операционных системах образуют иерархическую базу данных, а сегодня активно развиваются объектно-ориентированные базы данных.

Любая таблица представляет собой именованный набор *строк*. Все строки таблицы имеют одинаковый набор именованных *столбцов*, при этом каждому столбцу назначается определённый тип данных. Хотя порядок столбцов во всех строках фиксирован, важно помнить, что SQL не гарантирует какой-либо порядок строк в таблице (хотя их можно явно отсортировать при выводе).

Таблицы объединяются в базы данных, а набор баз данных, управляемый одним экземпляром сервера PostgreSQL, образует *кластер* баз данных.

2.3. Создание таблицы

Вы можете создать таблицу, указав её имя и перечислив все имена столбцов и их типы:

```
CREATE TABLE weather (
    city          varchar(80),
    temp_lo       int,          -- минимальная температура дня
    temp_hi       int,          -- максимальная температура дня
```

```
prcp      real,      -- уровень осадков
date      date
);
```

Весь этот текст можно ввести в `psql` вместе с символами перевода строк. `psql` понимает, что команда продолжается до точки с запятой.

В командах SQL можно свободно использовать пробельные символы (пробелы, табуляции и переводы строк). Это значит, что вы можете ввести команду, выровняв её по-другому или даже уместив в одной строке. Два минуса («--») обозначают начало комментария. Всё, что идёт за ними до конца строки, игнорируется. SQL не чувствителен к регистру в ключевых словах и идентификаторах, за исключением идентификаторов, взятых в кавычки (в данном случае это не так).

`varchar(80)` определяет тип данных, допускающий хранение произвольных символьных строк длиной до 80 символов. `int` — обычный целочисленный тип. `real` — тип для хранения чисел с плавающей точкой одинарной точности. `date` — тип даты. (Да, столбец типа `date` также называется `date`. Это может быть удобно или вводить в заблуждение — как посмотреть.)

PostgreSQL поддерживает стандартные типы SQL: `int`, `smallint`, `real`, `double precision`, `char(N)`, `varchar(N)`, `date`, `time`, `timestamp` и `interval`, а также другие универсальные типы и богатый набор геометрических типов. Кроме того, PostgreSQL можно расширять, создавая набор собственных типов данных. Как следствие, имена типов не являются ключевыми словами в данной записи, кроме тех случаев, когда это требуется для реализации особых конструкций стандарта SQL.

Во втором примере мы сохраним в таблице города и их географическое положение:

```
CREATE TABLE cities (
    name          varchar(80),
    location      point
);
```

Здесь `point` — пример специфического типа данных PostgreSQL.

Наконец, следует сказать, что если вам больше не нужна какая-либо таблица, или вы хотите пересоздать её по-другому, вы можете удалить её, используя следующую команду:

```
DROP TABLE имя_таблицы;
```

2.4. Добавление строк в таблицу

Для добавления строк в таблицу используется оператор `INSERT`:

```
INSERT INTO weather VALUES ('San Francisco', 46, 50, 0.25, '1994-11-27');
```

Заметьте, что для всех типов данных применяются довольно очевидные форматы. Константы, за исключением простых числовых значений, обычно заключаются в апострофы (`'`), как в данном примере. Тип `date` на самом деле очень гибок и принимает разные форматы, но в данном введении мы будем придерживаться простого и однозначного.

Тип `point` требует ввода пары координат, например таким образом:

```
INSERT INTO cities VALUES ('San Francisco', '(-194.0, 53.0)');
```

Показанный здесь синтаксис требует, чтобы вы запомнили порядок столбцов. Можно также применить альтернативную запись, перечислив столбцы явно:

```
INSERT INTO weather (city, temp_lo, temp_hi, prcp, date)
VALUES ('San Francisco', 43, 57, 0.0, '1994-11-29');
```

Вы можете перечислить столбцы в другом порядке, если желаете опустить некоторые из них, например, если уровень осадков (столбец `prcp`) неизвестен:

```
INSERT INTO weather (date, city, temp_hi, temp_lo)
VALUES ('1994-11-29', 'Hayward', 54, 37);
```

Многие разработчики предпочитают явно перечислять столбцы, а не полагаться на их порядок в таблице.

Пожалуйста, введите все показанные выше команды, чтобы у вас были данные, с которыми можно будет работать дальше.

Вы также можете загрузить большой объём данных из обычных текстовых файлов, применив команду `COPY`. Обычно это будет быстрее, так как команда `COPY` оптимизирована для такого применения, хотя и менее гибка, чем `INSERT`. Например, её можно использовать так:

```
COPY weather FROM '/home/user/weather.txt';
```

здесь подразумевается, что данный файл доступен на компьютере, где работает серверный процесс, а не на клиенте, так как указанный файл будет прочитан непосредственно на сервере. Подробнее об этом вы можете узнать в описании команды `COPY`.

2.5. Выполнение запроса

Чтобы получить данные из таблицы, нужно выполнить *запрос*. Для этого предназначен SQL-оператор `SELECT`. Он состоит из нескольких частей: выборки (в которой перечисляются столбцы, которые должны быть получены), списка таблиц (в нём перечисляются таблицы, из которых будут получены данные) и необязательного условия (определяющего ограничения). Например, чтобы получить все строки таблицы `weather`, введите:

```
SELECT * FROM weather;
```

Здесь `*` — это краткое обозначение «всех столбцов». ¹ Таким образом, это равносильно записи:

```
SELECT city, temp_lo, temp_hi, prcp, date FROM weather;
```

В результате должно получиться:

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27
San Francisco	43	57	0	1994-11-29
Hayward	37	54		1994-11-29

(3 rows)

В списке выборки вы можете писать не только ссылки на столбцы, но и выражения. Например, вы можете написать:

```
SELECT city, (temp_hi+temp_lo)/2 AS temp_avg, date FROM weather;
```

И получить в результате:

city	temp_avg	date
San Francisco	48	1994-11-27
San Francisco	50	1994-11-29
Hayward	45	1994-11-29

(3 rows)

Обратите внимание, как предложение `AS` позволяет переименовать выходной столбец. (Само слово `AS` можно опускать.)

Запрос можно дополнить «условием», добавив предложение `WHERE`, ограничивающее множество возвращаемых строк. В предложении `WHERE` указывается логическое выражение (проверка истинности), которое служит фильтром строк: в результате оказываются только те строки, для которых это выражение истинно. В этом выражении могут присутствовать обычные логические операторы (`AND`, `OR` и `NOT`). Например, следующий запрос покажет, какая погода была в Сан-Франциско в дождливые дни:

¹Хотя запросы `SELECT *` часто пишут экспромтом, это считается плохим стилем в производственном коде, так как результат таких запросов будет меняться при добавлении новых столбцов.


```
SELECT * FROM weather
WHERE city = 'San Francisco' AND prcp > 0.0;
```

Результат:

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27

(1 row)

Вы можете получить результаты запроса в определённом порядке:

```
SELECT * FROM weather
ORDER BY city;
```

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
Hayward	37	54		1994-11-29
San Francisco	43	57	0	1994-11-29
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27

В этом примере порядок сортировки определён не полностью, поэтому вы можете получить строки Сан-Франциско в любом порядке. Но вы всегда получите результат, показанный выше, если напишете:

```
SELECT * FROM weather
ORDER BY city, temp_lo;
```

Если требуется, вы можете убрать дублирующиеся строки из результата запроса:

```
SELECT DISTINCT city
FROM weather;
```

city
Hayward
San Francisco

(2 rows)

И здесь порядок строк также может варьироваться. Чтобы получать неизменные результаты, соедините предложения `DISTINCT` и `ORDER BY`:²

```
SELECT DISTINCT city
FROM weather
ORDER BY city;
```

2.6. Соединения таблиц

До этого все наши запросы обращались только к одной таблице. Однако запросы могут также обращаться сразу к нескольким таблицам или обращаться к той же таблице так, что одновременно будут обрабатываться разные наборы её строк. Запрос, обращающийся к разным наборам строк одной или нескольких таблиц, называется *соединением* (JOIN). Например, мы захотели перечислить все погодные события вместе с координатами соответствующих городов. Для этого мы должны сравнить столбец `city` каждой строки таблицы `weather` со столбцом `name` всех строк таблицы `cities` и выбрать пары строк, для которых эти значения совпадают.

Примечание

Это не совсем точная модель. Обычно соединения выполняются эффективнее (сравниваются не все возможные пары строк), но это скрыто от пользователя.

²В некоторых СУБД, включая старые версии PostgreSQL, реализация предложения `DISTINCT` автоматически упорядочивает строки, так что `ORDER BY` добавлять не обязательно. Но стандарт SQL этого не требует и текущая версия PostgreSQL не гарантирует определённого порядка строк после `DISTINCT`.

Это можно сделать с помощью следующего запроса:

```
SELECT *
  FROM weather, cities
 WHERE city = name;
```

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date	name	location
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27	San Francisco	(-194, 53)
San Francisco	43	57	0	1994-11-29	San Francisco	(-194, 53)

(2 rows)

Обратите внимание на две особенности полученных данных:

- В результате нет строки с городом Хейуорд (Hayward). Так получилось потому, что в таблице `cities` нет строки для данного города, а при соединении все строки таблицы `weather`, для которых не нашлось соответствие, опускаются. Вскоре мы увидим, как это можно исправить.
- Название города оказалось в двух столбцах. Это правильно и объясняется тем, что столбцы таблиц `weather` и `cities` были объединены. Хотя на практике это нежелательно, поэтому лучше перечислить нужные столбцы явно, а не использовать `*`:

```
SELECT city, temp_lo, temp_hi, prcp, date, location
  FROM weather, cities
 WHERE city = name;
```

Упражнение: Попробуйте определить, что будет делать этот запрос без предложения `WHERE`.

Так как все столбцы имеют разные имена, анализатор запроса автоматически понимает, к какой таблице они относятся. Если бы имена столбцов в двух таблицах повторялись, вам пришлось бы *дополнить* имена столбцов, конкретизируя, что именно вы имели в виду:

```
SELECT weather.city, weather.temp_lo, weather.temp_hi,
       weather.prcp, weather.date, cities.location
  FROM weather, cities
 WHERE cities.name = weather.city;
```

Вообще хорошим стилем считается указывать полные имена столбцов в запросе соединения, чтобы запрос не поломался, если позже в таблицы будут добавлены столбцы с повторяющимися именами.

Запросы соединения, которые вы видели до этого, можно также записать в другом виде:

```
SELECT *
  FROM weather INNER JOIN cities ON (weather.city = cities.name);
```

Эта запись не так распространена, как первый вариант, но мы показываем её, чтобы вам было проще понять следующие темы.

Сейчас мы выясним, как вернуть записи о погоде в городе Хейуорд. Мы хотим, чтобы запрос просканировал таблицу `weather` и для каждой её строки нашёл соответствующую строку в таблице `cities`. Если же такая строка не будет найдена, мы хотим, чтобы вместо значений столбцов из таблицы `cities` были подставлены «пустые значения». Запросы такого типа называются *внешними соединениями*. (Соединения, которые мы видели до этого, называются *внутренними*.) Эта команда будет выглядеть так:

```
SELECT *
  FROM weather LEFT OUTER JOIN cities ON (weather.city = cities.name);
```

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date	name	location
Hayward	37	54		1994-11-29		
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27	San Francisco	(-194, 53)
San Francisco	43	57	0	1994-11-29	San Francisco	(-194, 53)

(3 rows)

Этот запрос называется *левым внешним соединением*, потому что из таблицы в левой части оператора будут выбраны все строки, а из таблицы справа только те, которые удалось сопоставить каким-нибудь строкам из левой. При выводе строк левой таблицы, для которых не удалось найти соответствия в правой, вместо столбцов правой таблицы подставляются пустые значения (NULL).

Упражнение: Существуют также правые внешние соединения и полные внешние соединения. Попробуйте выяснить, что они собой представляют.

В соединении мы также можем замкнуть таблицу на себя. Это называется *замкнутым соединением*. Например, представьте, что мы хотим найти все записи погоды, в которых температура лежит в диапазоне температур других записей. Для этого мы должны сравнить столбцы `temp_lo` и `temp_hi` каждой строки таблицы `weather` со столбцами `temp_lo` и `temp_hi` другого набора строк `weather`. Это можно сделать с помощью следующего запроса:

```
SELECT W1.city, W1.temp_lo AS low, W1.temp_hi AS high,
       W2.city, W2.temp_lo AS low, W2.temp_hi AS high
FROM weather W1, weather W2
WHERE W1.temp_lo < W2.temp_lo
AND W1.temp_hi > W2.temp_hi;
```

city	low	high	city	low	high
San Francisco	43	57	San Francisco	46	50
Hayward	37	54	San Francisco	46	50

(2 rows)

Здесь мы ввели новые обозначения таблицы `weather`: `W1` и `W2`, чтобы можно было различить левую и правую стороны соединения. Вы можете использовать подобные псевдонимы и в других запросах для сокращения:

```
SELECT *
FROM weather w, cities c
WHERE w.city = c.name;
```

Вы будете встречать сокращения такого рода довольно часто.

2.7. Агрегатные функции

Как большинство других серверов реляционных баз данных, PostgreSQL поддерживает *агрегатные функции*. Агрегатная функция вычисляет единственное значение, обрабатывая множество строк. Например, есть агрегатные функции, вычисляющие: `count` (количество), `sum` (сумму), `avg` (среднее), `max` (максимум) и `min` (минимум) для набора строк.

К примеру, мы можем найти самую высокую из всех минимальных дневных температур:

```
SELECT max(temp_lo) FROM weather;

max
-----
46
(1 row)
```

Если мы хотим узнать, в каком городе (или городах) наблюдалась эта температура, можно попробовать:

```
SELECT city FROM weather WHERE temp_lo = max(temp_lo);
```

НЕБЕРНО

но это не будет работать, так как агрегатную функцию `max` нельзя использовать в предложении `WHERE`. (Это ограничение объясняется тем, что предложение `WHERE` должно определить, для каких строк вычислять агрегатную функцию, так что оно, очевидно, должно вычисляться до агрегатных функций.) Однако, как часто бывает, запрос можно перезапустить и получить желаемый результат, применив *подзапрос*:

```
SELECT city FROM weather
```

```
WHERE temp_lo = (SELECT max(temp_lo) FROM weather);
```

```
city
```

```
-----
San Francisco
(1 row)
```

Теперь всё в порядке — подзапрос выполняется отдельно и результат агрегатной функции вычисляется вне зависимости от того, что происходит во внешнем запросе.

Агрегатные функции также очень полезны в сочетании с предложением `GROUP BY`. Например, мы можем получить максимум минимальной дневной температуры в разрезе городов:

```
SELECT city, max(temp_lo)
FROM weather
GROUP BY city;
```

```
city      | max
-----+-----
Hayward    |  37
San Francisco |  46
(2 rows)
```

Здесь мы получаем по одной строке для каждого города. Каждый агрегатный результат вычисляется по строкам таблицы, соответствующим отдельному городу. Мы можем отфильтровать сгруппированные строки с помощью предложения `HAVING`:

```
SELECT city, max(temp_lo)
FROM weather
GROUP BY city
HAVING max(temp_lo) < 40;
```

```
city      | max
-----+-----
Hayward    |  37
(1 row)
```

Мы получаем те же результаты, но только для тех городов, где все значения `temp_lo` меньше 40. Наконец, если нас интересуют только города, названия которых начинаются с «S», мы можем сделать:

```
SELECT city, max(temp_lo)
FROM weather
WHERE city LIKE 'S%'          -- 1
GROUP BY city
HAVING max(temp_lo) < 40;
```

1 Оператор `LIKE` (выполняющий сравнение по шаблону) рассматривается в Разделе 9.7.

Важно понимать, как соотносятся агрегатные функции и SQL-предложения `WHERE` и `HAVING`. Основное отличие `WHERE` от `HAVING` заключается в том, что `WHERE` сначала выбирает строки, а затем группирует их и вычисляет агрегатные функции (таким образом, она отбирает строки для вычисления агрегатов), тогда как `HAVING` отбирает строки групп после группировки и вычисления агрегатных функций. Как следствие, предложение `WHERE` не должно содержать агрегатных функций; не имеет смысла использовать агрегатные функции для определения строк для вычисления агрегатных функций. Предложение `HAVING`, напротив, всегда содержит агрегатные функции. (Строго говоря, вы можете написать предложение `HAVING`, не используя агрегаты, но это редко бывает полезно. То же самое условие может работать более эффективно на стадии `WHERE`.)

В предыдущем примере мы смогли применить фильтр по названию города в предложении `WHERE`, так как названия не нужно агрегировать. Такой фильтр эффективнее, чем дополнительное ограничение `HAVING`, потому что с ним не приходится группировать и вычислять агрегаты для всех строк, не удовлетворяющих условию `WHERE`.

2.8. Изменение данных

Данные в существующих строках можно изменять, используя команду `UPDATE`. Например, предположим, что вы обнаружили, что все значения температуры после 28 ноября завышены на два градуса. Вы можете поправить ваши данные следующим образом:

```
UPDATE weather
  SET temp_hi = temp_hi - 2, temp_lo = temp_lo - 2
  WHERE date > '1994-11-28';
```

Посмотрите на новое состояние данных:

```
SELECT * FROM weather;
```

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27
San Francisco	41	55	0	1994-11-29
Hayward	35	52		1994-11-29

(3 rows)

2.9. Удаление данных

Строки также можно удалить из таблицы, используя команду `DELETE`. Предположим, что вас больше не интересует погода в Хейуорде. В этом случае вы можете удалить ненужные строки из таблицы:

```
DELETE FROM weather WHERE city = 'Hayward';
```

Записи всех наблюдений, относящиеся к Хейуорду, удалены.

```
SELECT * FROM weather;
```

city	temp_lo	temp_hi	prcp	date
San Francisco	46	50	0.25	1994-11-27
San Francisco	41	55	0	1994-11-29

(2 rows)

Остерегайтесь операторов вида

```
DELETE FROM имя_таблицы;
```

Без указания условия `DELETE` удалит все строки данной таблицы, полностью очистит её. При этом система не попросит вас подтвердить операцию!

Глава 3. Расширенные возможности

3.1. Введение

В предыдущей главе мы изучили азы использования SQL для хранения и обработки данных в PostgreSQL. Теперь мы обсудим более сложные возможности SQL, помогающие управлять данными и предотвратить их потерю или порчу. В конце главы мы рассмотрим некоторые расширения PostgreSQL.

В этой главе мы будем время от времени ссылаться на примеры, приведённые в Главе 2 и изменять или развивать их, поэтому будет полезно сначала прочитать предыдущую главу. Некоторые примеры этой главы также можно найти в файле `advanced.sql` в каталоге `tutorial`. Кроме того, этот файл содержит пример данных для загрузки (здесь она повторно не рассматривается). Если вы не знаете, как использовать этот файл, обратитесь к Разделу 2.1.

3.2. Представления

Вспомните запросы, с которыми мы имели дело в Разделе 2.6. Предположим, что вас интересует составной список из погодных записей и координат городов, но вы не хотите каждый раз вводить весь этот запрос. Вы можете создать *представление* по данному запросу, фактически присвоить имя запросу, а затем обращаться к нему как к обычной таблице:

```
CREATE VIEW myview AS
  SELECT city, temp_lo, temp_hi, prcp, date, location
     FROM weather, cities
     WHERE city = name;

SELECT * FROM myview;
```

Активное использование представлений — это ключевой аспект хорошего проектирования баз данных SQL. Представления позволяют вам скрыть внутреннее устройство ваших таблиц, которые могут меняться по мере развития приложения, за надёжными интерфейсами.

Представления можно использовать практически везде, где можно использовать обычные таблицы. И довольно часто представления создаются на базе других представлений.

3.3. Внешние ключи

Вспомните таблицы `weather` и `cities` из Главы 2. Давайте рассмотрим следующую задачу: вы хотите добиться, чтобы никто не мог вставить в таблицу `weather` строки, для которых не находится соответствующая строка в таблице `cities`. Это называется обеспечением *ссылочной целостности* данных. В простых СУБД это пришлось бы реализовать (если это вообще возможно) так: сначала явно проверить, есть ли соответствующие записи в таблице `cities`, а затем отклонить или вставить новые записи в таблицу `weather`. Этот подход очень проблематичен и неудобен, поэтому всё это PostgreSQL может сделать за вас.

Новое объявление таблицы будет выглядеть так:

```
CREATE TABLE cities (
    city      varchar(80) primary key,
    location  point
);

CREATE TABLE weather (
    city      varchar(80) references cities(city),
    temp_lo   int,
    temp_hi   int,
    prcp      real,
```

```

        date        date
    );

```

Теперь попробуйте вставить недопустимую запись:

```
INSERT INTO weather VALUES ('Berkeley', 45, 53, 0.0, '1994-11-28');
```

ОШИБКА: INSERT или UPDATE в таблице "weather" нарушает ограничение внешнего ключа "weather_city_fkey"

ПОДРОБНОСТИ: Ключ (city)=(Berkeley) отсутствует в таблице "cities".

Поведение внешних ключей можно подстроить согласно требованиям вашего приложения. Мы не будем усложнять этот простой пример в данном введении, но вы можете обратиться за дополнительной информацией к Главе 5. Правильно применяя внешние ключи, вы определённо создадите более качественные приложения, поэтому мы настоятельно рекомендуем изучить их.

3.4. Транзакции

Транзакции — это фундаментальное понятие во всех СУБД. Суть транзакции в том, что она объединяет последовательность действий в одну операцию "всё или ничего". Промежуточные состояния внутри последовательности не видны другим транзакциям, и если что-то помешает успешно завершить транзакцию, ни один из результатов этих действий не сохранится в базе данных.

Например, рассмотрим базу данных банка, в которой содержится информация о счетах клиентов, а также общие суммы по отделениям банка. Предположим, что мы хотим перевести 100 долларов со счёта Алисы на счёт Боба. Простоты ради, соответствующие SQL-команды можно записать так:

```

UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
UPDATE branches SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = (SELECT branch_name FROM accounts WHERE name = 'Alice');
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Bob';
UPDATE branches SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = (SELECT branch_name FROM accounts WHERE name = 'Bob');

```

Точное содержание команд здесь не важно, важно лишь то, что для выполнения этой довольно простой операции потребовалось несколько отдельных действий. При этом с точки зрения банка необходимо, чтобы все эти действия выполнились вместе, либо не выполнились совсем. Если Боб получит 100 долларов, но они не будут списаны со счёта Алисы, объяснить это сбоем системы определённо не удастся. И наоборот, Алиса вряд ли будет довольна, если она переведёт деньги, а до Боба они не дойдут. Нам нужна гарантия, что если что-то помешает выполнить операцию до конца, ни одно из действий не оставит следа в базе данных. И мы получаем эту гарантию, объединяя действия в одну *транзакцию*. Говорят, что транзакция *атомарна*: с точки зрения других транзакций она либо выполняется и фиксируется полностью, либо не фиксируется совсем.

Нам также нужна гарантия, что после завершения и подтверждения транзакции системой баз данных, её результаты в самом деле сохраняются и не будут потеряны, даже если вскоре произойдёт авария. Например, если мы списали сумму и выдали её Бобу, мы должны исключить возможность того, что сумма на его счёте восстановится, как только он выйдет за двери банка. Транзакционная база данных гарантирует, что все изменения записываются в постоянное хранилище (например, на диск) до того, как транзакция будет считаться завершённой.

Другая важная характеристика транзакционных баз данных тесно связана с атомарностью изменений: когда одновременно выполняется множество транзакций, каждая из них не видит незавершённые изменения, произведённые другими. Например, если одна транзакция подсчитывает баланс по отделениям, будет неправильно, если она посчитает расход в отделении Алисы, но не учтёт приход в отделении Боба, или наоборот. Поэтому свойство транзакций "всё или ничего" должно определять не только, как изменения сохраняются в базе данных, но и как они видны в процессе работы. Изменения, производимые открытой транзакцией, невидимы для других транзакций, пока она не будет завершена, а затем они становятся видны все сразу.

В PostgreSQL транзакция определяется набором SQL-команд, окружённым командами `BEGIN` и `COMMIT`. Таким образом, наша банковская транзакция должна была бы выглядеть так:

```
BEGIN;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
-- ...
COMMIT;
```

Если в процессе выполнения транзакции мы решим, что не хотим фиксировать её изменения (например, потому что оказалось, что баланс Алисы стал отрицательным), мы можем выполнить команду `ROLLBACK` вместо `COMMIT`, и все наши изменения будут отменены.

PostgreSQL на самом деле обрабатывает каждый SQL-оператор как транзакцию. Если вы не вставите команду `BEGIN`, то каждый отдельный оператор будет неявно окружён командами `BEGIN` и `COMMIT` (в случае успешного завершения). Группу операторов, окружённых командами `BEGIN` и `COMMIT` иногда называют *блоком транзакции*.

Примечание

Некоторые клиентские библиотеки добавляют команды `BEGIN` и `COMMIT` автоматически и неявно создают за вас блоки транзакций. Подробнее об этом вы можете узнать в документации интересующего вас интерфейса.

Операторами в транзакции можно также управлять на более детальном уровне, используя *точки сохранения*. Точки сохранения позволяют выборочно отменять некоторые части транзакции и фиксировать все остальные. Определив точку сохранения с помощью `SAVEPOINT`, при необходимости вы можете вернуться к ней с помощью команды `ROLLBACK TO`. Все изменения в базе данных, произошедшие после точки сохранения и до момента отката, отменяются, но изменения, произведённые ранее, сохраняются.

Когда вы возвращаетесь к точке сохранения, она продолжает существовать, так что вы можете откатываться к ней несколько раз. С другой стороны, если вы уверены, что вам не придётся откатываться к определённой точке сохранения, её можно удалить, чтобы система высвободила ресурсы. Помните, что при удалении или откате к точке сохранения все точки сохранения, определённые после неё, автоматически уничтожаются.

Всё это происходит в блоке транзакции, так что в других сеансах работы с базой данных этого не видно. Совершённые действия становятся видны для других сеансов все сразу, только когда вы фиксируете транзакцию, а отменённые действия не видны вообще никогда.

Вернувшись к банковской базе данных, предположим, что мы списываем 100 долларов со счёта Алисы, добавляем их на счёт Боба, и вдруг оказывается, что деньги нужно было перевести Уолли. В данном случае мы можем применить точки сохранения:

```
BEGIN;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00
    WHERE name = 'Alice';
SAVEPOINT my_savepoint;
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Bob';
-- ошибочное действие... забыть его и использовать счёт Уолли
ROLLBACK TO my_savepoint;
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00
    WHERE name = 'Wally';
COMMIT;
```

Этот пример, конечно, несколько надуман, но он показывает, как можно управлять выполнением команд в блоке транзакций, используя точки сохранения. Более того, `ROLLBACK TO` — это един-

ственный способ вернуть контроль над блоком транзакций, оказавшимся в прерванном состоянии из-за ошибки системы, не считая возможности полностью отменить её и начать снова.

3.5. Оконные функции

Оконная функция выполняет вычисления для набора строк, некоторым образом связанных с текущей строкой. Её действие можно сравнить с вычислением, производимым агрегатной функцией. Однако с оконными функциями строки не группируются в одну выходную строку, что имеет место с обычными, не оконными, агрегатными функциями. Вместо этого, эти строки остаются отдельными сущностями. Внутри же, оконная функция, как и агрегатная, может обращаться не только к текущей строке результата запроса.

Вот пример, показывающий, как сравнить зарплату каждого сотрудника со средней зарплатой его отдела:

```
SELECT depname, empno, salary, avg(salary) OVER (PARTITION BY depname)
FROM empsalary;
```

depname	empno	salary	avg
develop	11	5200	5020.0000000000000000
develop	7	4200	5020.0000000000000000
develop	9	4500	5020.0000000000000000
develop	8	6000	5020.0000000000000000
develop	10	5200	5020.0000000000000000
personnel	5	3500	3700.0000000000000000
personnel	2	3900	3700.0000000000000000
sales	3	4800	4866.6666666666666667
sales	1	5000	4866.6666666666666667
sales	4	4800	4866.6666666666666667

(10 rows)

Первые три столбца извлекаются непосредственно из таблицы `empsalary`, при этом для каждой строки таблицы есть строка результата. В четвёртом столбце оказалось среднее значение, вычисленное по всем строкам, имеющим то же значение `depname`, что и текущая строка. (Фактически среднее вычисляет та же обычная, не оконная функция `avg`, но предложение `OVER` превращает её в оконную, так что её действие ограничивается рамками окон.)

Вызов оконной функции всегда содержит предложение `OVER`, следующее за названием и аргументами оконной функции. Это синтаксически отличает её от обычной, не оконной агрегатной функции. Предложение `OVER` определяет, как именно нужно разделить строки запроса для обработки оконной функцией. Предложение `PARTITION BY`, дополняющее `OVER`, разделяет строки по группам, или разделам, объединяя одинаковые значения выражений `PARTITION BY`. Оконная функция вычисляется по строкам, попадающим в один раздел с текущей строкой.

Вы можете также определять порядок, в котором строки будут обрабатываться оконными функциями, используя `ORDER BY` в `OVER`. (Порядок `ORDER BY` для окна может даже не совпадать с порядком, в котором выводятся строки.) Например:

```
SELECT depname, empno, salary,
       rank() OVER (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC)
FROM empsalary;
```

depname	empno	salary	rank
develop	8	6000	1
develop	10	5200	2
develop	11	5200	2
develop	9	4500	4
develop	7	4200	5

```

personnel |      2 |    3900 |      1
personnel |      5 |    3500 |      2
sales      |      1 |    5000 |      1
sales      |      4 |    4800 |      2
sales      |      3 |    4800 |      2
(10 rows)

```

Как показано здесь, функция `rank` выдаёт порядковый номер для каждого уникального значения в разделе текущей строки, по которому выполняет сортировку предложение `ORDER BY`. У функции `rank` нет параметров, так как её поведение полностью определяется предложением `OVER`.

Строки, обрабатываемые оконной функцией, представляют собой «виртуальные таблицы», созданные из предложения `FROM` и затем прошедшие через фильтрацию и группировку `WHERE` и `GROUP BY` и, возможно, условие `HAVING`. Например, строка, отфильтрованная из-за нарушения условия `WHERE`, не будет видна для оконных функций. Запрос может содержать несколько оконных функций, разделяющих данные по-разному с применением разных предложений `OVER`, но все они будут обрабатывать один и тот же набор строк этой виртуальной таблицы.

Мы уже видели, что `ORDER BY` можно опустить, если порядок строк не важен. Также возможно опустить `PARTITION BY`, в этом случае образуется один раздел, содержащий все строки.

Есть ещё одно важное понятие, связанное с оконными функциями: для каждой строки существует набор строк в её разделе, называемый *рамкой окна*. Некоторые оконные функции обрабатывают только строки рамки окна, а не всего раздела. По умолчанию с указанием `ORDER BY` рамка состоит из всех строк от начала раздела до текущей строки и строк, равных текущей по значению выражения `ORDER BY`. Без `ORDER BY` рамка по умолчанию состоит из всех строк раздела.¹ Посмотрите на пример использования `sum`:

```
SELECT salary, sum(salary) OVER () FROM empsalary;
```

```

salary | sum
-----+-----
 5200 | 47100
 5000 | 47100
 3500 | 47100
 4800 | 47100
 3900 | 47100
 4200 | 47100
 4500 | 47100
 4800 | 47100
 6000 | 47100
 5200 | 47100
(10 rows)

```

Так как в этом примере нет указания `ORDER BY` в предложении `OVER`, рамка окна содержит все строки раздела, а он, в свою очередь, без предложения `PARTITION BY` включает все строки таблицы; другими словами, сумма вычисляется по всей таблице и мы получаем один результат для каждой строки результата. Но если мы добавим `ORDER BY`, мы получим совсем другие результаты:

```
SELECT salary, sum(salary) OVER (ORDER BY salary) FROM empsalary;
```

```

salary | sum
-----+-----
 3500 | 3500
 3900 | 7400
 4200 | 11600
 4500 | 16100
 4800 | 25700

```

¹Рамки окна можно определять и другими способами, но в этом введении они не рассматриваются. Узнать о них подробнее вы можете в Подразделе 4.2.8.

```
4800 | 25700
5000 | 30700
5200 | 41100
5200 | 41100
6000 | 47100
(10 rows)
```

Здесь в сумме накапливаются зарплаты от первой (самой низкой) до текущей, включая повторяющиеся текущие значения (обратите внимание на результат в строках с одинаковой зарплатой).

Оконные функции разрешается использовать в запросе только в списке `SELECT` и предложении `ORDER BY`. Во всех остальных предложениях, включая `GROUP BY`, `HAVING` и `WHERE`, они запрещены. Это объясняется тем, что логически они выполняются после этих предложений, а также после не оконных агрегатных функций, и значит агрегатную функцию можно вызывать в аргументах оконной, но не наоборот.

Если вам нужно отфильтровать или сгруппировать строки после вычисления оконных функций, вы можете использовать вложенный запрос. Например:

```
SELECT depname, empno, salary, enroll_date
FROM
  (SELECT depname, empno, salary, enroll_date,
    rank() OVER (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC, empno) AS pos
  FROM empsalary
  ) AS ss
WHERE pos < 3;
```

Данный запрос покажет только те строки внутреннего запроса, у которых `rank` (порядковый номер) меньше 3.

Когда в запросе вычисляются несколько оконных функций для одинаково определённых окон, конечно можно написать для каждой из них отдельное предложение `OVER`, но при этом оно будет дублироваться, что неизбежно будет провоцировать ошибки. Поэтому лучше определение окна выделить в предложение `WINDOW`, а затем сослаться на него в `OVER`. Например:

```
SELECT sum(salary) OVER w, avg(salary) OVER w
FROM empsalary
WINDOW w AS (PARTITION BY depname ORDER BY salary DESC);
```

Подробнее об оконных функциях можно узнать в Подразделе 4.2.8, Разделе 9.21, Подразделе 7.2.5 и в справке `SELECT`.

3.6. Наследование

Наследование — это концепция, взятая из объектно-ориентированных баз данных. Она открывает множество интересных возможностей при проектировании баз данных.

Давайте создадим две таблицы: `cities` (города) и `capitals` (столицы штатов). Естественно, столицы штатов также являются городами, поэтому нам нужно явным образом добавлять их в результат, когда мы хотим просмотреть все города. Если вы проявите смекалку, вы можете предложить, например, такое решение:

```
CREATE TABLE capitals (
  name      text,
  population real,
  altitude  int,    -- (высота в футах)
  state     char(2)
);

CREATE TABLE non_capitals (
  name      text,
```

```

    population real,
    altitude     int      -- (высота в футах)
);

CREATE VIEW cities AS
    SELECT name, population, altitude FROM capitals
    UNION
    SELECT name, population, altitude FROM non_capitals;

```

Оно может устраивать, пока мы извлекаем данные, но если нам потребуется изменить несколько строк, это будет выглядеть некрасиво.

Поэтому есть лучшее решение:

```

CREATE TABLE cities (
    name         text,
    population   real,
    altitude     int      -- (высота в футах)
);

CREATE TABLE capitals (
    state        char(2)
) INHERITS (cities);

```

В данном случае строка таблицы `capitals` *наследует* все столбцы (`name`, `population` и `altitude`) от *родительской таблицы* `cities`. Столбец `name` имеет тип `text`, собственный тип PostgreSQL для текстовых строк переменной длины. А в таблицу столиц добавлен дополнительный столбец `state`, в котором будет указан штат. В PostgreSQL таблица может наследоваться от нуля или нескольких других таблиц.

Например, следующий запрос выведет названия всех городов, включая столицы, находящихся выше 500 футов над уровнем моря:

```

SELECT name, altitude
FROM cities
WHERE altitude > 500;

```

Результат его выполнения:

name	altitude
Las Vegas	2174
Mariposa	1953
Madison	845

(3 rows)

А следующий запрос находит все города, которые не являются столицами штатов, но также находятся выше 500 футов:

```

SELECT name, altitude
FROM ONLY cities
WHERE altitude > 500;

```

name	altitude
Las Vegas	2174
Mariposa	1953

(2 rows)

Здесь слово `ONLY` перед названием таблицы `cities` указывает, что запрос следует выполнять только для строк таблицы `cities`, не включая таблицы, унаследованные от `cities`. Многие операторы, которые мы уже обсудили — `SELECT`, `UPDATE` и `DELETE` — поддерживают указание `ONLY`.

Примечание

Хотя наследование часто бывает полезно, оно не интегрировано с ограничениями уникальности и внешними ключами, что ограничивает его применимость. Подробнее это описывается в Разделе 5.9.

3.7. Заключение

PostgreSQL имеет множество возможностей, не затронутых в этом кратком введении, рассчитанном на начинающих пользователей SQL. Эти возможности будут рассмотрены в деталях в продолжении книги.

Если вам необходима дополнительная вводная информация, посетите *сайт PostgreSQL*, там вы найдёте ссылки на другие ресурсы.

Часть II. Язык SQL

В этой части книги описывается использование языка SQL в PostgreSQL. Мы начнём с описания общего синтаксиса SQL, затем расскажем, как создавать структуры для хранения данных, как наполнять базу данных и как выполнять запросы к ней. В продолжении будут перечислены существующие типы данных и функции, применяемые с командами SQL. И наконец, закончится эта часть рассмотрением важных аспектов настройки базы данных для оптимальной производительности.

Материал этой части упорядочен так, чтобы новичок мог прочитать её от начала до конца и полностью понять все темы, не забегая вперёд. При этом главы сделаны самодостаточными, так что опытные пользователи могут читать главы по отдельности. Информация в этой части книги представлена в повествовательном стиле и разделена по темам. Если же вас интересует формальное и полное описание определённой команды, см. Часть VI.

Читатели этой части книги должны уже знать, как подключаться к базе данных PostgreSQL и выполнять команды SQL. Если вы ещё не знаете этого, рекомендуется сначала прочитать Часть I. Команды SQL обычно вводятся в `psql` — интерактивном терминальном приложении PostgreSQL, но можно воспользоваться и другими программами с подобными функциями.

Глава 4. Синтаксис SQL

В этой главе описывается синтаксис языка SQL. Тем самым закладывается фундамент для следующих глав, где будет подробно рассмотрено, как с помощью команд SQL описывать и изменять данные.

Мы советуем прочитать эту главу и тем, кто уже знаком SQL, так как в ней описываются несколько правил и концепций, которые реализованы в разных базах данных SQL по-разному или относятся только к PostgreSQL.

4.1. Лексическая структура

SQL-программа состоит из последовательности *команд*. Команда, в свою очередь, представляет собой последовательность *компонентов*, оканчивающуюся точкой с запятой («;»). Конец входного потока также считается концом команды. Какие именно компоненты допустимы для конкретной команды, зависит от её синтаксиса.

Компонентом команды может быть *ключевое слово*, *идентификатор*, *идентификатор в кавычках*, *строка* (или константа) или специальный символ. Компоненты обычно разделяются пробельными символами (пробел, табуляция, перевод строки), но это не требуется, если нет неоднозначности (например, когда спецсимвол оказывается рядом с компонентом другого типа).

Например, следующий текст является правильной (синтаксически) SQL-программой:

```
SELECT * FROM MY_TABLE;  
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;  
INSERT INTO MY_TABLE VALUES (3, 'hi there');
```

Это последовательность трёх команд, по одной в строке (хотя их можно было разместить и в одну строку или наоборот, разделить команды на несколько строк).

Кроме этого, SQL-программы могут содержать *комментарии*. Они не являются компонентами команд, а по сути равносильны пробельным символам.

Синтаксис SQL не очень строго определяет, какие компоненты идентифицируют команды, а какие — их операнды или параметры. Первые несколько компонентов обычно содержат имя команды, так что в данном примере мы можем говорить о командах «SELECT», «UPDATE» и «INSERT». Но например, команда UPDATE требует, чтобы также в определённом положении всегда стоял компонент SET, а INSERT в приведённом виде требует наличия компонента VALUES. Точные синтаксические правила для каждой команды описаны в Части VI.

4.1.1. Идентификаторы и ключевые слова

Показанные выше команды содержали компоненты SELECT, UPDATE и VALUES, которые являются примерами *ключевых слов*, то есть слов, имеющих фиксированное значение в языке SQL. Компоненты MY_TABLE и A являются примерами *идентификаторов*. Они идентифицируют имена таблиц, столбцов или других объектов баз данных, в зависимости от того, где они используются. Поэтому иногда их называют просто «именами». Ключевые слова и идентификаторы имеют одинаковую лексическую структуру, то есть, не зная языка, нельзя определить, является ли некоторый компонент ключевым словом или идентификатором. Полный список ключевых слов приведён в Приложении C.

Идентификаторы и ключевые слова SQL должны начинаться с буквы (a-z, хотя допускаются также не латинские буквы и буквы с диакритическими знаками) или подчёркивания (_). Последующими символами в идентификаторе или ключевом слове могут быть буквы, цифры (0-9), знаки доллара (\$) или подчёркивания. Заметьте, что строго следуя букве стандарта SQL, знаки доллара нельзя использовать в идентификаторах, так что их использование вредит переносимости приложений. В стандарте SQL гарантированно не будет ключевых слов с цифрами и начинающихся или заканчивающихся подчёркиванием, так что идентификаторы такого вида защищены от возможных конфликтов с будущими расширениями стандарта.

Система выделяет для идентификатора не более `NAMEDATALEN-1` байт, а более длинные имена усекаются. По умолчанию `NAMEDATALEN` равно 64, так что максимальная длина идентификатора равна 63 байтам. Если этого недостаточно, этот предел можно увеличить, изменив константу `NAMEDATALEN` в файле `src/include/pg_config_manual.h`.

Ключевые слова и идентификаторы без кавычек воспринимаются системой без учёта регистра. Таким образом:

```
UPDATE MY_TABLE SET A = 5;
```

равносильно записи:

```
uPDATE my_Table SeT a = 5;
```

Часто используется неформальное соглашение записывать ключевые слова заглавными буквами, а имена строчными, например:

```
UPDATE my_table SET a = 5;
```

Есть и другой тип идентификаторов: *отделённые идентификаторы* или *идентификаторы в кавычках*. Они образуются при заключении обычного набора символов в двойные кавычки (`"`). Такие идентификаторы всегда будут считаться идентификаторами, но не ключевыми словами. Так `"select"` можно использовать для обозначения столбца или таблицы `«select»`, тогда как `select` без кавычек будет воспринят как ключевое слово и приведёт к ошибке разбора команды в месте, где ожидается имя таблицы или столбца. Тот же пример можно переписать с идентификаторами в кавычках следующим образом:

```
UPDATE "my_table" SET "a" = 5;
```

Идентификаторы в кавычках могут содержать любые символы, за исключением символа с кодом 0. (Чтобы включить в такой идентификатор кавычки, продублируйте их.) Это позволяет создавать таблицы и столбцы с именами, которые иначе были бы невозможны, например, с пробелами или амперсандами. Ограничение длины при этом сохраняется.

Ещё один вариант идентификаторов в кавычках позволяет использовать символы Unicode по их кодам. Такой идентификатор начинается с `U&` (строчная или заглавная `U` и амперсанд), а затем сразу без пробелов идёт двойная кавычка, например `U&"foo"`. (Заметьте, что при этом возникает неоднозначность с оператором `&`. Чтобы её избежать, окружайте этот оператор пробелами.) Затем в кавычках можно записывать символы Unicode двумя способами: обратная косая черта, а за ней код символа из четырёх шестнадцатеричных цифр, либо обратная косая черта, знак плюс, а затем код из шести шестнадцатеричных цифр. Например, идентификатор `"data"` можно записать так:

```
U&"d\0061t\+000061"
```

В следующем менее тривиальном примере закодировано русское слово «слон», записанное кириллицей:

```
U&"\0441\043B\043E\043D"
```

Если вы хотите использовать не обратную косую черту, а другой спецсимвол, его можно указать, добавив `UESCAPE` после строки, например:

```
U&"d!0061t!+000061" UESCAPE '!'
```

В качестве спецсимвола можно выбрать любой символ, кроме шестнадцатеричной цифры, знака плюс, апострофа, кавычки или пробельного символа. Заметьте, что спецсимвол заключается не в двойные кавычки, а в апострофы.

Чтобы сделать спецсимволом знак апострофа, напишите его дважды.

Unicode-формат полностью поддерживается только при использовании на сервере кодировки UTF8. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до `\007F`). И в четырёх, и в шестизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем `U+FFFF`, хотя наличие шестизначной

формы технически делает это ненужным. (Суррогатные пары не сохраняются непосредственно, а объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

Идентификатор, заключённый в кавычки, становится зависимым от регистра, тогда как идентификаторы без кавычек всегда переводятся в нижний регистр. Например, идентификаторы `foo`, `foo` и `"foo"` считаются одинаковыми в PostgreSQL, но `"foo"` и `"FOO"` отличны друг от друга и от предыдущих трёх. (Приведение имён без кавычек к нижнему регистру, как это делает PostgreSQL, несовместимо со стандартом SQL, который говорит о том, что имена должны приводиться к верхнему регистру. То есть, согласно стандарту `foo` должно быть эквивалентно `"FOO"`, а не `"foo"`. Поэтому при создании переносимых приложений рекомендуется либо всегда заключать определённое имя в кавычки, либо не заключать никогда.)

4.1.2. Константы

В PostgreSQL есть три типа констант *подразумеваемых типов*: строки, битовые строки и числа. Константы можно также записывать, указывая типы явно, что позволяет представить их более точно и обработать более эффективно. Эти варианты рассматриваются в следующих подразделах.

4.1.2.1. Строковые константы

Строковая константа в SQL — это обычная последовательность символов, заключённая в апострофы (`'`), например: `'Это строка'`. Чтобы включить апостроф в строку, напишите в ней два апострофа рядом, например: `'Жанна д' 'Арк'`. Заметьте, это *не* то же самое, что двойная кавычка (`"`).

Две строковые константы, разделённые пробельными символами *и минимум одним переводом строки*, объединяются в одну и обрабатываются, как если бы строка была записана в одной константе. Например:

```
SELECT 'foo'
'bar';
```

эквивалентно:

```
SELECT 'foobar';
```

но эта запись:

```
SELECT 'foo'      'bar';
```

считается синтаксической ошибкой. (Это несколько странное поведение определено в стандарте SQL, PostgreSQL просто следует ему.)

4.1.2.2. Строковые константы со спецпоследовательностями в стиле C

PostgreSQL также принимает «спецпоследовательности», что является расширением стандарта SQL. Строка со спецпоследовательностями начинается с буквы `E` (заглавной или строчной), стоящей непосредственно перед апострофом, например: `E'foo'`. (Когда константа со спецпоследовательностью разбивается на несколько строк, букву `E` нужно поставить только перед первым открывающим апострофом.) Внутри таких строк символ обратной косой черты (`\`) начинает *C-подобные спецпоследовательности*, в которых сочетание обратной косой черты со следующим символом(ами) даёт определённое байтовое значение, как показано в Таблице 4.1.

Таблица 4.1. Спецпоследовательности

Спецпоследовательность	Интерпретация
<code>\b</code>	символ «забой»
<code>\f</code>	подача формы
<code>\n</code>	новая строка
<code>\r</code>	возврат каретки
<code>\t</code>	табуляция
<code>\o</code> , <code>\oo</code> , <code>\ooo</code> (<code>o = 0 - 7</code>)	восьмеричное значение байта

Спецпоследовательность	Интерпретация
<code>\xh</code> , <code>\xhh</code> ($h = 0 \text{ — } 9, A \text{ — } F$)	шестнадцатеричное значение байта
<code>\uxxxx</code> , <code>\Uxxxxxxxx</code> ($x = 0 \text{ — } 9, A \text{ — } F$)	16- или 32-битный шестнадцатеричный код символа Unicode

Любой другой символ, идущий после обратной косой черты, воспринимается буквально. Таким образом, чтобы включить в строку обратную косую черту, нужно написать две косых черты (`\\`). Так же можно включить в строку апостроф, написав `\'`, в дополнение к обычному способу `'`.

Вы должны позаботиться, чтобы байтовые последовательности, которые вы создаёте таким образом, особенно в восьмеричной и шестнадцатеричной записи, образовывали допустимые символы в серверной кодировке. Когда сервер работает с кодировкой UTF-8, вместо такой записи байт следует использовать спецпоследовательности Unicode или альтернативный синтаксис Unicode, описанный в Подразделе 4.1.2.3. (В противном случае придётся кодировать символы UTF-8 вручную и выписывать их по байтам, что очень неудобно.)

Спецпоследовательности с Unicode полностью поддерживаются только при использовании на сервере кодировки UTF8. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до `\u007F`). И в четырёх, и в восьмизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем U+FFFF, хотя наличие восьмизначной формы технически делает это ненужным. (Когда суррогатные пары используются с серверной кодировкой UTF8, они сначала объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

Внимание

Если параметр конфигурации `standard_conforming_strings` имеет значение `off`, PostgreSQL распознаёт обратную косую черту как спецсимвол и в обычных строках, и в строках со спецпоследовательностями. Однако в версии PostgreSQL 9.1 по умолчанию принято значение `on`, и в этом случае обратная косая черта распознаётся только в спецстроках. Это поведение больше соответствует стандарту, хотя может нарушить работу приложений, рассчитанных на предыдущий режим, когда обратная косая черта распознавалась везде. В качестве временного решения вы можете изменить этот параметр на `off`, но лучше уйти от такой практики. Если вам нужно, чтобы обратная косая черта представляла специальный символ, задайте строковую константу с `E`.

В дополнение к `standard_conforming_strings` поведением обратной косой черты в строковых константах управляют параметры `escape_string_warning` и `backslash_quote`.

Строковая константа не может включать символ с кодом 0.

4.1.2.3. Строковые константы со спецпоследовательностями Unicode

PostgreSQL также поддерживает ещё один вариант спецпоследовательностей, позволяющий включать в строки символы Unicode по их кодам. Строковая константа со спецпоследовательностями Unicode начинается с `U&` (строчная или заглавная U и амперсанд), а затем сразу без пробелов идёт апостроф, например `U&'foo'`. (Заметьте, что при этом возникает неоднозначность с оператором `&`. Чтобы её избежать, окружайте этот оператор пробелами.) Затем в апострофах можно записывать символы Unicode двумя способами: обратная косая черта, а за ней код символа из четырёх шестнадцатеричных цифр, либо обратная косая черта, знак плюс, а затем код из шести шестнадцатеричных цифр. Например, строку `'data'` можно записать так:

```
U&'d\0061t\+000061'
```

В следующем менее тривиальном примере закодировано русское слово «слон», записанное кириллицей:

```
U&' \0441\043B\043E\043D'
```

Если вы хотите использовать не обратную косую черту, а другой спецсимвол, его можно указать, добавив `UESCAPE` после строки, например:

```
U&'d!0061t!+000061' UESCAPE '!'
```

В качестве спецсимвола можно выбрать любой символ, кроме шестнадцатеричной цифры, знака плюс, апострофа, кавычки или пробельного символа.

Спецпоследовательности с Unicode поддерживаются только при использовании на сервере кодировки UTF8. Когда используются другие кодировки, допускается указание только ASCII-символов (с кодами до `\007F`). И в четырёх, и в шестизначной форме можно записывать суррогатные пары UTF-16 и таким образом составлять символы с кодами больше чем `U+FFFF`, хотя наличие шестизначной формы технически делает это ненужным. (Когда суррогатные пары используются с серверной кодировкой UTF8, они сначала объединяются в один символ, который затем кодируется в UTF-8.)

Также заметьте, что спецпоследовательности Unicode в строковых константах работают, только когда параметр конфигурации `standard_conforming_strings` равен `on`. Это объясняется тем, что иначе клиентские программы, проверяющие SQL-операторы, можно будет ввести в заблуждение и эксплуатировать это как уязвимость, например, для SQL-инъекций. Если этот параметр имеет значение `off`, эти спецпоследовательности будут вызывать ошибку.

Чтобы включить спецсимвол в строку буквально, напишите его дважды.

4.1.2.4. Строковые константы, заключённые в доллары

Хотя стандартный синтаксис для строковых констант обычно достаточно удобен, он может плохо читаться, когда строка содержит много апострофов или обратных косых черт, так как каждый такой символ приходится дублировать. Чтобы и в таких случаях запросы оставались читаемыми, PostgreSQL предлагает ещё один способ записи строковых констант — «заключение строк в доллары». Строковая константа, заключённая в доллары, начинается со знака доллара (`$`), необязательного «тега» из нескольких символов и ещё одного знака доллара, затем содержит обычную последовательность символов, составляющую строку, и оканчивается знаком доллара, тем же тегом и замыкающим знаком доллара. Например, строку «Жанна д'Арк» можно записать в долларах двумя способами:

```
$Жанна д'Арк$
$SomeTag$Жанна д'Арк$SomeTag$
```

Заметьте, что внутри такой строки апострофы не нужно записывать особым образом. На самом деле, в строке, заключённой в доллары, все символы можно записывать в чистом виде: содержимое строки всегда записывается буквально. Ни обратная косая черта, ни даже знак доллара не являются спецсимволами, если только они не образуют последовательность, соответствующую открывающему тегу.

Строковые константы в долларах можно вкладывать друг в друга, выбирая на разных уровнях вложенности разные теги. Чаще всего это используется при написании определений функций. Например:

```
$function$
BEGIN
    RETURN ($1 ~ $q$[\t\r\n\v\\]$q$);
END;
$function$
```

Здесь последовательность `$q$[\t\r\n\v\\]$q$` представляет в долларах текстовую строку `[\t\r\n\v\\]`, которая будет обработана, когда PostgreSQL будет выполнять эту функцию. Но так как эта последовательность не соответствует внешнему тегу в долларах (`$function$`), с точки зрения внешней строки это просто обычные символы внутри константы.

Тег строки в долларах, если он присутствует, должен соответствовать правилам, определённым для идентификаторов без кавычек, и к тому же не должен содержать знак доллара. Теги регистро-

зависимы, так что `$tag$String content$tag$` — правильная строка, а `$TAG$String content$tag$` — нет.

Строка в долларах, следующая за ключевым словом или идентификатором, должна отделяться от него пробельными символами, иначе доллар будет считаться продолжением предыдущего идентификатора.

Заключение строк в доллары не является частью стандарта SQL, но часто это более удобный способ записывать сложные строки, чем стандартный вариант с апострофами. Он особенно полезен, когда нужно представить строковую константу внутри другой строки, что часто требуется в определениях процедурных функций. Ограничившись только апострофами, каждую обратную косую черту в приведённом примере пришлось бы записывать четырьмя такими символами, которые бы затем уменьшились до двух при разборе внешней строки, и наконец до одного при обработке внутренней строки во время выполнения функции.

4.1.2.5. Битовые строковые константы

Битовые строковые константы похожи на обычные с дополнительной буквой *b* (заглавной или строчной), добавленной непосредственно перед открывающим апострофом (без промежуточных пробелов), например: `b'1001'`. В битовых строковых константах допускаются лишь символы 0 и 1.

Битовые константы могут быть записаны и по-другому, в шестнадцатеричном виде, с начальной буквой *x* (заглавной или строчной), например: `x'1FF'`. Такая запись эквивалентна двоичной, только четыре двоичных цифры заменяются одной шестнадцатеричной.

Обе формы записи допускают перенос строк так же, как и обычные строковые константы. Однако заключать в доллары битовые строки нельзя.

4.1.2.6. Числовые константы

Числовые константы могут быть заданы в следующем общем виде:

```
цифры  
цифры. [цифры] [e [+−] цифры]  
[цифры] . цифры [e [+−] цифры]  
цифрые [+−] цифры
```

где *цифры* — это одна или несколько десятичных цифр (0..9). До или после десятичной точки (при её наличии) должна быть минимум одна цифра. Как минимум одна цифра должна следовать за обозначением экспоненты (*e*), если оно присутствует. В числовой константе не может быть пробелов или других символов. Заметьте, что любой знак минус или плюс в начале строки не считается частью числа; это оператор, применённый к константе.

Несколько примеров допустимых числовых констант:

```
42  
3.5  
4.  
.001  
5e2  
1.925e-3
```

Числовая константа, не содержащая точки и экспоненты, изначально рассматривается как константа типа `integer`, если её значение уместается в 32-битный тип `integer`; затем как константа типа `bigint`, если её значение уместается в 64-битный `bigint`; в противном случае она принимает тип `numeric`. Константы, содержащие десятичные точки и/или экспоненты, всегда считаются константами типа `numeric`.

Изначально назначенный тип данных числовой константы это только отправная точка для алгоритмов определения типа. В большинстве случаев константа будет автоматически приведена к наиболее подходящему типу для данного контекста. При необходимости вы можете принудительно интерпретировать числовое значение как значение определённого типа, приведя его тип к нуж-

ному. Например, вы можете сделать, чтобы числовое значение рассматривалось как имеющее тип `real (float4)`, написав:

```
REAL '1.23' -- строковый стиль
1.23::REAL -- стиль PostgreSQL (исторический)
```

На самом деле это только частные случаи синтаксиса приведения типов, который будет рассматриваться далее.

4.1.2.7. Константы других типов

Константу *обычного* типа можно ввести одним из следующих способов:

```
type 'string'
'string'::type
CAST ( 'string' AS type )
```

Текст строковой константы передаётся процедуре преобразования ввода для типа, обозначенного здесь `type`. Результатом становится константа указанного типа. Явное приведение типа можно опустить, если нужный тип константы определяется однозначно (например, когда она присваивается непосредственно столбцу таблицы), так как в этом случае приведение происходит автоматически.

Строковую константу можно записать, используя как обычный синтаксис SQL, так и формат с долларами.

Также можно записать приведение типов, используя синтаксис функций:

```
typename ( 'string' )
```

но это работает не для всех имён типов; подробнее об этом написано в Подразделе 4.2.9.

Конструкцию `::`, `CAST()` и синтаксис вызова функции можно также использовать для преобразования типов обычных выражений во время выполнения, как описано в Подразделе 4.2.9. Во избежание синтаксической неопределённости, запись *тип* `'строка'` можно использовать только для указания типа простой текстовой константы. Ещё одно ограничение записи *тип* `'строка'`: она не работает для массивов; для таких констант следует использовать `::` или `CAST()`.

Синтаксис `CAST()` соответствует SQL, а запись `type 'string'` является обобщением стандарта: в SQL такой синтаксис поддерживает только некоторые типы данных, но PostgreSQL позволяет использовать его для всех. Синтаксис `s::` имеет исторические корни в PostgreSQL, как и запись в виде вызова функции.

4.1.3. Операторы

Имя оператора образует последовательность не более чем `NAMEDATALEN-1` (по умолчанию 63) символов из следующего списка:

```
+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ?
```

Однако для имён операторов есть ещё несколько ограничений:

- Сочетания символов `--` и `/*` не могут присутствовать в имени оператора, так как они будут обозначать начало комментария.
- Многосимвольное имя оператора не может заканчиваться знаком `+` или `-`, если только оно не содержит также один из этих символов:

```
~ ! @ # % ^ & | ` ?
```

Например, `@-` — допустимое имя оператора, а `*-` — нет. Благодаря этому ограничению, PostgreSQL может разбирать корректные SQL-запросы без пробелов между компонентами.

Записывая нестандартные SQL-операторы, обычно нужно отделять имена соседних операторов пробелами для однозначности. Например, если вы определили левый унарный оператор с именем

@, вы не можете написать X*@Y, а должны написать X* @Y, чтобы PostgreSQL однозначно прочитал это как два оператора, а не один.

4.1.4. Специальные знаки

Некоторые не алфавитно-цифровые символы имеют специальное значение, но при этом не являются операторами. Подробнее их использование будет рассмотрено при описании соответствующего элемента синтаксиса. Здесь они упоминаются только для сведения и обобщения их предназначения.

- Знак доллара (\$), предваряющий число, используется для представления позиционного параметра в теле определения функции или подготовленного оператора. В других контекстах знак доллара может быть частью идентификатора или строковой константы, заключённой в доллары.
- Круглые скобки (()) имеют обычное значение и применяются для группировки выражений и повышения приоритета операций. В некоторых случаях скобки — это необходимая часть синтаксиса определённых SQL-команд.
- Квадратные скобки ([]) применяются для выделения элементов массива. Подробнее массивы рассматриваются в Разделе 8.15.
- Запятые (,) используются в некоторых синтаксических конструкциях для разделения элементов списка.
- Точка с запятой (;) завершает команду SQL. Она не может находиться нигде внутри команды, за исключением строковых констант или идентификаторов в кавычках.
- Двоеточие (:) применяется для выборки «срезов» массивов (см. Раздел 8.15.) В некоторых диалектах SQL (например, в Embedded SQL) двоеточие может быть префиксом в имени переменной.
- Звёздочка (*) используется в некоторых контекстах как обозначение всех полей строки или составного значения. Она также имеет специальное значение, когда используется как аргумент некоторых агрегатных функций, а именно функций, которым не нужны явные параметры.
- Точка (.) используется в числовых константах, а также для отделения имён схемы, таблицы и столбца.

4.1.5. Комментарии

Комментарий — это последовательность символов, которая начинается с двух минусов и продолжается до конца строки, например:

```
-- Это стандартный комментарий SQL
```

Кроме этого, блочные комментарии можно записывать в стиле C:

```
/* многострочный комментарий
 * с вложенностью: /* вложенный блок комментария */
 */
```

где комментарий начинается с /* и продолжается до соответствующего вхождения */. Блочные комментарии можно вкладывать друг в друга, как разрешено по стандарту SQL (но не разрешено в C), так что вы можете комментировать большие блоки кода, которые при этом уже могут содержать блоки комментариев.

Комментарий удаляется из входного потока в начале синтаксического анализа и фактически заменяется пробелом.

4.1.6. Приоритеты операторов

В Таблице 4.2 показаны приоритеты и очерёдность операторов, действующие в PostgreSQL. Большинство операторов имеют одинаковый приоритет и вычисляются слева направо. Приоритет и очерёдность операторов жёстко фиксированы в синтаксическом анализаторе.

Иногда вам потребуется добавлять скобки, когда вы комбинируете унарные и бинарные операторы. Например, выражение:

```
SELECT 5 ! - 6;
```

будет разобрано как:

```
SELECT 5 ! (- 6);
```

так как анализатор до последнего не знает, что оператор `!` определён как постфиксный, а не инфиксный (внутренний). Чтобы получить желаемый результат в этом случае, нужно написать:

```
SELECT (5 !) - 6;
```

Такова цена расширяемости.

Таблица 4.2. Приоритет операторов (от большего к меньшему)

Оператор/элемент	Очерёдность	Описание
.	слева-направо	разделитель имён таблицы и столбца
::	слева-направо	приведение типов в стиле PostgreSQL
[]	слева-направо	выбор элемента массива
+ -	справа-налево	унарный плюс, унарный минус
^	слева-направо	возведение в степень
* / %	слева-направо	умножение, деление, остаток от деления
+ -	слева-направо	сложение, вычитание
(любой другой оператор)	слева-направо	все другие встроенные и пользовательские операторы
BETWEEN IN LIKE ILIKE SIMILAR		проверка диапазона, проверка членства, сравнение строк
< > = <= >= <>		операторы сравнения
IS ISNULL NOTNULL		IS TRUE, IS FALSE, IS NULL, IS DISTINCT FROM и т. д.
NOT	справа-налево	логическое отрицание
AND	слева-направо	логическая конъюнкция
OR	слева-направо	логическая дизъюнкция

Заметьте, что правила приоритета операторов также применяются к операторам, определённым пользователем с теми же именами, что и вышеперечисленные встроенные операторы. Например, если вы определите оператор «+» для некоторого нестандартного типа данных, он будет иметь тот же приоритет, что и встроенный оператор «+», независимо от того, что он у вас делает.

Когда в конструкции `OPERATOR` используется имя оператора со схемой, например так:

```
SELECT 3 OPERATOR(pg_catalog.+) 4;
```

тогда `OPERATOR` имеет приоритет по умолчанию, соответствующий в Таблице 4.2 строке «любой другой оператор». Это не зависит от того, какие именно операторы находятся в конструкции `OPERATOR()`.

Примечание

В PostgreSQL до версии 9.5 действовали немного другие правила приоритета операторов. В частности, операторы `<=`, `>=` и `<>` обрабатывались по общему правилу; проверки

IS имели более высокий приоритет; а NOT BETWEEN и связанные конструкции работали несогласованно — в некоторых случаях приоритетнее оказывался оператор NOT, а не BETWEEN. Эти правила были изменены для лучшего соответствия стандарту SQL и для уменьшения путаницы из-за несогласованной обработки логически равнозначных конструкций. В большинстве случаев эти изменения никак не проявятся, либо могут привести к ошибкам типа «нет такого оператора», которые можно разрешить, добавив скобки. Однако, возможны особые случаи, когда запрос будет разобран без ошибки, но его поведение может измениться. Если вас беспокоит, не нарушают ли эти изменения незаметно работу вашего приложения, вы можете проверить это, включив конфигурационный параметр `operator_precedence_warning` и пронаблюдав, не появятся ли предупреждения в журнале.

4.2. Выражения значения

Выражения значения применяются в самых разных контекстах, например в списке результатов команды SELECT, в значениях столбцов в INSERT или UPDATE или в условиях поиска во многих командах. Результат такого выражения иногда называют *скаляром*, чтобы отличить его от результата табличного выражения (который представляет собой таблицу). А сами выражения значения часто называют *скалярными* (или просто *выражениями*). Синтаксис таких выражений позволяет вычислять значения из примитивных частей, используя арифметические, логические и другие операции.

Выражениями значения являются:

- Константа или непосредственное значение
- Ссылка на столбец
- Ссылка на позиционный параметр в теле определения функции или подготовленного оператора
- Выражение с индексом
- Выражение выбора поля
- Применение оператора
- Вызов функции
- Агрегатное выражение
- Вызов оконной функции
- Приведение типов
- Применение правил сортировки
- Скалярный подзапрос
- Конструктор массива
- Конструктор табличной строки
- Кроме того, выражением значения являются скобки (предназначенные для группировки подвыражений и переопределения приоритета)

В дополнение к этому списку есть ещё несколько конструкций, которые можно классифицировать как выражения, хотя они не соответствуют общим синтаксическим правилам. Они обычно имеют вид функции или оператора и будут рассмотрены в соответствующем разделе Главы 9. Пример такой конструкции — предложение `IS NULL`.

Мы уже обсудили константы в Подразделе 4.1.2. В следующих разделах рассматриваются остальные варианты.

4.2.1. Ссылки на столбцы

Ссылку на столбец можно записать в форме:

отношение.имя_столбца

Здесь *отношение* — имя таблицы (возможно, полное, с именем схемы) или её псевдоним, определённый в предложении `FROM`. Это имя и разделяющую точку можно опустить, если имя столбца уникально среди всех таблиц, задействованных в текущем запросе. (См. также Главу 7.)

4.2.2. Позиционные параметры

Ссылка на позиционный параметр применяется для обращения к значению, переданному в SQL-оператор извне. Параметры используются в определениях SQL-функций и подготовленных операторов. Некоторые клиентские библиотеки также поддерживают передачу значений данных отдельно от самой SQL-команды, и в этом случае параметры позволяют ссылаться на такие значения. Ссылка на параметр записывается в следующей форме:

\$число

Например, рассмотрим следующее определение функции `dept`:

```
CREATE FUNCTION dept(text) RETURNS dept
  AS $$ SELECT * FROM dept WHERE name = $1 $$
LANGUAGE SQL;
```

Здесь `$1` всегда будет ссылаться на значение первого аргумента функции.

4.2.3. Индексы элементов

Если в выражении вы имеете дело с массивом, то можно извлечь определённый его элемент, написав:

выражение[индекс]

или несколько соседних элементов («срез массива»):

выражение[нижний_индекс:верхний_индекс]

(Здесь квадратные скобки `[ ]` должны быть в явном виде.) Каждый *индекс* сам по себе является выражением, результатом которого должно быть целое число.

В общем случае *выражение* массива должно заключаться в круглые скобки, но их можно опустить, когда выражение с индексом — это просто ссылка на столбец или позиционный параметр. Кроме того, можно соединить несколько индексов, если исходный массив многомерный. Например:

```
моя_таблица.столбец_массив[4]
моя_таблица.столбец_массив_2d[17][34]
$1[10:42]
(функция_массив(a,b))[42]
```

В последней строке круглые скобки необходимы. Подробнее массивы рассматриваются в Разделе 8.15.

4.2.4. Выбор поля

Если результат выражения — значение составного типа (строка таблицы), тогда определённое поле этой строки можно извлечь, написав:

выражение.имя_поля

В общем случае *выражение* такого типа должно заключаться в круглые скобки, но их можно опустить, когда это ссылка на таблицу или позиционный параметр. Например:

```
моя_таблица.столбец
$1.столбец
(функция_кортеж(a,b)).стол3
```

(Таким образом, полная ссылка на столбец — это просто частный случай выбора поля.) Важный особый случай здесь — извлечение поля из столбца составного типа:

```
(составной_столбец) . поле
(моя_таблица.составной_столбец) . поле
```

Здесь скобки нужны, чтобы показать, что `составной_столбец` — это имя столбца, а не таблицы, и что `моя_таблица` — имя таблицы, а не схемы.

Вы можете запросить все поля составного значения, написав `.*`:

```
(составной_столбец) . *
```

Эта запись действует по-разному в зависимости от контекста; подробнее об этом говорится в Подразделе 8.16.5.

4.2.5. Применение оператора

Существуют три возможных синтаксиса применения операторов:

```
выражение оператор выражение (бинарный инфиксный оператор)
оператор выражение (унарный префиксный оператор)
выражение оператор (унарный постфиксный оператор)
```

где `оператор` соответствует синтаксическим правилам, описанным в Подразделе 4.1.3, либо это одно из ключевых слов `AND`, `OR` и `NOT`, либо полное имя оператора в форме:

```
OPERATOR (схема.имя_оператора)
```

Существование конкретных операторов и их тип (унарный или бинарный) зависит от того, как и какие операторы определены системой и пользователем. Встроенные операторы описаны в Главе 9.

4.2.6. Вызовы функций

Вызов функции записывается просто как имя функции (возможно, дополненное именем схемы) и список аргументов в скобках:

```
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]])
```

Например, так вычисляется квадратный корень из 2:

```
sqrt(2)
```

Список встроенных функций приведён в Главе 9. Пользователь также может определить и другие функции.

Выполняя запросы в базе данных, где одни пользователи могут не доверять другим, в записи вызовов функций соблюдайте меры предосторожности, описанные в Разделе 10.3.

Аргументам могут быть присвоены необязательные имена. Подробнее об этом см. Раздел 4.3.

Примечание

Функцию, принимающую один аргумент составного типа, можно также вызывать, используя синтаксис выбора поля, и наоборот, выбор поля можно записать в функциональном стиле. То есть записи `col(table)` и `table.col` равносильны и взаимозаменяемы. Это поведение не оговорено стандартом SQL, но реализовано в PostgreSQL, так как это позволяет использовать функции для эмуляции «вычисляемых полей». Подробнее это описано в Подразделе 8.16.5.

4.2.7. Агрегатные выражения

Агрегатное выражение представляет собой применение агрегатной функции к строкам, выбранным запросом. Агрегатная функция сводит множество входных значений к одному выходному, как например, сумма или среднее. Агрегатное выражение может записываться следующим образом:

```
агрегатная_функция (выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
  ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция (ALL выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
  ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция (DISTINCT выражение [ , ... ] [ предложение_order_by ] ) [ FILTER
  ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция ( * ) [ FILTER ( WHERE условие_фильтра ) ]
агрегатная_функция ( [ выражение [ , ... ] ] ) WITHIN GROUP ( предложение_order_by )
  [ FILTER ( WHERE условие_фильтра ) ]
```

Здесь *агрегатная_функция* — имя ранее определённой агрегатной функции (возможно, дополненное именем схемы), *выражение* — любое выражение значения, не содержащее в себе агрегатного выражения или вызова оконной функции. Необязательные предложения *предложение_order_by* и *условие_фильтра* описываются ниже.

В первой форме агрегатного выражения агрегатная функция вызывается для каждой строки. Вторая форма эквивалентна первой, так как указание `ALL` подразумевается по умолчанию. В третьей форме агрегатная функция вызывается для всех различных значений выражения (или набора различных значений, для нескольких выражений), выделенных во входных данных. В четвёртой форме агрегатная функция вызывается для каждой строки, так как никакого конкретного значения не указано (обычно это имеет смысл только для функции `count(*)`). В последней форме используются *сортирующие* агрегатные функции, которые будут описаны ниже.

Большинство агрегатных функций игнорируют значения `NULL`, так что строки, для которых выражения выдают одно или несколько значений `NULL`, отбрасываются. Это можно считать истинным для всех встроенных операторов, если явно не говорится об обратном.

Например, `count(*)` подсчитает общее количество строк, а `count(f1)` только количество строк, в которых `f1` не `NULL` (так как `count` игнорирует `NULL`), а `count(distinct f1)` подсчитает число различных и отличных от `NULL` значений столбца `f1`.

Обычно строки данных передаются агрегатной функции в неопределённом порядке и во многих случаях это не имеет значения, например функция `min` выдаёт один и тот же результат независимо от порядка поступающих данных. Однако некоторые агрегатные функции (такие как `array_agg` и `string_agg`) выдают результаты, зависящие от порядка данных. Для таких агрегатных функций можно добавить *предложение_order_by* и задать нужный порядок. Это *предложение_order_by* имеет тот же синтаксис, что и предложение `ORDER BY` на уровне запроса, как описано в Разделе 7.5, за исключением того, что его выражения должны быть просто выражениями, а не именами результирующих столбцов или числами. Например:

```
SELECT array_agg(a ORDER BY b DESC) FROM table;
```

Заметьте, что при использовании агрегатных функций с несколькими аргументами, предложение `ORDER BY` идёт после всех аргументов. Например, надо писать так:

```
SELECT string_agg(a, ',' ORDER BY a) FROM table;
```

а не так:

```
SELECT string_agg(a ORDER BY a, ',') FROM table; -- неправильно
```

Последний вариант синтаксически допустим, но он представляет собой вызов агрегатной функции одного аргумента с двумя ключами `ORDER BY` (при этом второй не имеет смысла, так как это константа).

Если *предложение_order_by* дополнено указанием `DISTINCT`, тогда все выражения `ORDER BY` должны соответствовать обычным аргументам агрегатной функции; то есть вы не можете сортировать строки по выражению, не включённому в список `DISTINCT`.

Примечание

Возможность указывать и `DISTINCT`, и `ORDER BY` в агрегатной функции — это расширение PostgreSQL.

При добавлении `ORDER BY` в обычный список аргументов агрегатной функции, описанном до этого, выполняется сортировка входных строк для универсальных и статистических агрегатных функций, для которых сортировка необязательна. Но есть подмножество агрегатных функций, *сортирующие агрегатные функции*, для которых *предложение_order* является *обязательным*, обычно потому, что вычисление этой функции имеет смысл только при определённой сортировке входных строк. Типичными примерами сортирующих агрегатных функций являются вычисления ранга и процентиля. Для сортирующей агрегатной функции *предложение_order_by* записывается внутри `WITHIN GROUP (...)`, что иллюстрирует последний пример, приведённый выше. Выражения в *предложении_order_by* вычисляются однократно для каждой входной строки как аргументы обычной агрегатной функции, сортируются в соответствии с требованием *предложения_order_by* и поступают в агрегатную функцию как входящие аргументы. (Если же *предложение_order_by* находится не в `WITHIN GROUP`, оно не передаётся как аргумент(ы) агрегатной функции.) Выражения-аргументы, предшествующие `WITHIN GROUP`, (если они есть), называются *непосредственными аргументами*, а выражения, указанные в *предложении_order_by* — *агрегируемыми аргументами*. В отличие от аргументов обычной агрегатной функции, непосредственные аргументы вычисляются однократно для каждого вызова функции, а не для каждой строки. Это значит, что они могут содержать переменные, только если эти переменные сгруппированы в `GROUP BY`; это суть то же ограничение, что действовало бы, будь эти непосредственные аргументы вне агрегатного выражения. Непосредственные аргументы обычно используются, например, для указания значения процентиля, которое имеет смысл, только если это конкретное число для всего расчёта агрегатной функции. Список непосредственных аргументов может быть пуст; в этом случае запишите просто `()`, но не `(*)`. (На самом деле PostgreSQL примет обе записи, но только первая соответствует стандарту SQL.)

Пример вызова сортирующей агрегатной функции:

```
SELECT percentile_cont(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY income) FROM households;
percentile_cont
-----
50489
```

она получает 50-ый перцентиль, или медиану, значения столбца `income` из таблицы `households`. В данном случае, 0.5 — это непосредственный аргумент; если бы дробь процентиля менялась от строки к строке, это не имело бы смысла.

Если добавлено предложение `FILTER`, агрегатной функции подаются только те входные строки, для которых *условие_фильтра* вычисляется как истинное; другие строки отбрасываются. Например:

```
SELECT
    count(*) AS unfiltered,
    count(*) FILTER (WHERE i < 5) AS filtered
FROM generate_series(1,10) AS s(i);
unfiltered | filtered
-----+-----
10 | 4
(1 row)
```

Предопределённые агрегатные функции описаны в Разделе 9.20. Пользователь также может определить другие агрегатные функции.

Агрегатное выражение может фигурировать только в списке результатов или в предложении `HAVING` команды `SELECT`. Во всех остальных предложениях, например `WHERE`, они запрещены, так как эти предложения логически вычисляются до того, как формируются результаты агрегатных функций.

Когда агрегатное выражение используется в подзапросе (см. Подраздел 4.2.11 и Раздел 9.22), оно обычно вычисляется для всех строк подзапроса. Но если в аргументах (или в *условии_filter*) агрегатной функции есть только переменные внешнего уровня, агрегатная функция относится к ближайшему внешнему уровню и вычисляется для всех строк соответствующего запроса. Такое агрегатное выражение в целом является внешней ссылкой для своего подзапроса и на каждом вычислении считается константой. При этом допустимое положение агрегатной функции ограничивается списком результатов и предложением `HAVING` на том уровне запросов, где она находится.

4.2.8. Вызовы оконных функций

Вызов оконной функции представляет собой применение функции, подобной агрегатной, к некоторому набору строк, выбранному запросом. В отличие от вызовов не оконных агрегатных функций, при этом не происходит группировка выбранных строк в одну — каждая строка остаётся отдельной в результате запроса. Однако оконная функция имеет доступ ко всем строкам, вошедшим в группу текущей строки согласно указанию группировки (списку `PARTITION BY`) в вызове оконной функции. Вызов оконной функции может иметь следующие формы:

```
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]]) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ]
OVER имя_окна
имя_функции ([выражение [, выражение ... ]]) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ]
OVER ( определение_окна )
имя_функции ( * ) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ] OVER имя_окна
имя_функции ( * ) [ FILTER ( WHERE предложение_фильтра ) ] OVER ( определение_окна )
```

Здесь *определение_окна* записывается в виде

```
[ имя_существующего_окна ]
[ PARTITION BY выражение [, ...] ]
[ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
[, ...] ]
[ определение_рамки ]
```

Необязательное *определение_рамки* может иметь вид:

```
{ RANGE | ROWS | GROUPS } начало_рамки [ исключение_рамки ]
{ RANGE | ROWS | GROUPS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки [ исключение_рамки ]
```

Здесь *начало_рамки* и *конец_рамки* задаются одним из следующих способов:

```
UNBOUNDED PRECEDING
смещение PRECEDING
CURRENT ROW
смещение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

и *исключение_рамки* может быть следующим:

```
EXCLUDE CURRENT ROW
EXCLUDE GROUP
EXCLUDE TIES
EXCLUDE NO OTHERS
```

Здесь *выражение* — это любое выражение значения, не содержащее вызовов оконных функций.

имя_окна — ссылка на именованное окно, определённое предложением `WINDOW` в данном запросе. Также возможно написать в скобках полное *определение_окна*, используя тот же синтаксис определения именованного окна в предложении `WINDOW`; подробнее это описано в справке по `SELECT`. Стоит отметить, что запись `OVER имя_окна` не полностью равнозначна `OVER (имя_окна ...)`; последний вариант подразумевает копирование и изменение определения окна и не будет допустимым, если определение этого окна включает определение рамки.

Указание `PARTITION BY` группирует строки запроса в *разделы*, которые затем обрабатываются оконной функцией независимо друг от друга. `PARTITION BY` работает подобно предложению `GROUP`

BY на уровне запроса, за исключением того, что его аргументы всегда просто выражения, а не имена выходных столбцов или числа. Без PARTITION BY все строки, выдаваемые запросом, рассматриваются как один раздел. Указание ORDER BY определяет порядок, в котором оконная функция обрабатывает строки раздела. Оно так же подобно предложению ORDER BY на уровне запроса и так же не принимает имена выходных столбцов или числа. Без ORDER BY строки обрабатываются в неопределённом порядке.

определение_рамки задаёт набор строк, образующих *рамку окна*, которая представляет собой подмножество строк текущего раздела и используется для оконных функций, работающих с рамкой, а не со всем разделом. Подмножество строк в рамке может меняться в зависимости от того, какая строка является текущей. Рамку можно задать в режимах RANGE, ROWS или GROUPS; в каждом случае она начинается с положения *начало_рамки* и заканчивается положением *конец_рамки*. Если *конец_рамки* не задаётся явно, подразумевается CURRENT ROW (текущая строка).

Если *начало_рамки* задано как UNBOUNDED PRECEDING, рамка начинается с первой строки раздела, а если *конец_рамки* определён как UNBOUNDED FOLLOWING, рамка заканчивается последней строкой раздела.

В режиме RANGE или GROUPS *начало_рамки*, заданное как CURRENT ROW, определяет в качестве начала первую *родственную* строку (строку, которая при сортировке согласно указанному для окна предложению ORDER BY считается равной текущей), тогда как *конец_рамки*, заданный как CURRENT ROW, определяет концом рамки последнюю родственную строку. В режиме ROWS вариант CURRENT ROW просто обозначает текущую строку.

В вариантах определения рамки *смещение* PRECEDING и *смещение* FOLLOWING в качестве *смещения* должно задаваться выражение, не содержащее какие-либо переменные и вызовы агрегатных или оконных функций. Что именно будет означать *смещение*, определяется в зависимости от режима рамки:

- В режиме ROWS *смещение* должно задаваться отличным от NULL неотрицательным целым числом, и это число определяет сдвиг, с которым начало рамки позиционируется перед текущей строкой, а конец — после текущей строки.
- В режиме GROUPS *смещение* также должно задаваться отличным от NULL неотрицательным целым числом, и это число определяет сдвиг (по количеству групп родственных строк), с которым начало рамки позиционируется перед группой строк, родственных текущей, а конец — после этой группы. Группу родственных строк образуют строки, которые считаются равными согласно ORDER BY. (Для использования режима GROUPS определение окна должно содержать предложение ORDER BY.)
- В режиме RANGE для использования этих указаний предложение ORDER BY должно содержать ровно один столбец. В этом случае *смещение* задаёт максимальную разницу между значением этого столбца в текущей строке и значением его же в предшествующих или последующих строках рамки. Тип данных выражения *смещение* зависит от типа данных упорядочиваемого столбца. Для числовых столбцов это обычно тот же числовой тип, а для столбцов с типом дата/время — тип interval. Например, если упорядочивающий столбец имеет тип date или timestamp, возможна такая запись: RANGE BETWEEN '1 day' PRECEDING AND '10 days' FOLLOWING. Значение *смещение* при этом может так же быть отличным от NULL и неотрицательным, хотя что считать «неотрицательным», будет зависеть от типа данных.

В любом случае расстояние до конца рамки ограничивается расстоянием до конца раздела, так что для строк, которые находятся у конца раздела, рамка может содержать меньше строк, чем для других.

Заметьте, что в режимах ROWS и GROUPS указания 0 PRECEDING и 0 FOLLOWING равнозначны указанию CURRENT ROW. Обычно это справедливо и для режима RANGE, в случае подходящего для типа данных определения значения «нуля».

Дополнение *исключение_рамки* позволяет исключить из рамки строки, которые окружают текущую строку, даже если они должны быть включены согласно указаниям, определяющим начало и конец

рамки. `EXCLUDE CURRENT ROW` исключает из рамки текущую строку. `EXCLUDE GROUP` исключает из рамки текущую строку и родственные ей согласно порядку сортировки. `EXCLUDE TIES` исключает из рамки все родственные строки для текущей, но не собственно текущую строку. `EXCLUDE NO OTHERS` просто явно выражает поведение по умолчанию — не исключает ни текущую строку, ни родственные ей.

По умолчанию рамка определяется как `RANGE UNBOUNDED PRECEDING`, что равносильно расширенному определению `RANGE BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND CURRENT ROW`. С указанием `ORDER BY` это означает, что рамка будет включать все строки от начала раздела до последней строки, родственной текущей (для `ORDER BY`). Без `ORDER BY` это означает, что в рамку включаются все строки раздела, так как все они считаются родственными текущей.

Действуют также следующие ограничения: в качестве *начала_рамки* нельзя задать `UNBOUNDED FOLLOWING`, в качестве *конца_рамки* не допускается `UNBOUNDED PRECEDING` и *конец_рамки* не может идти в показанном выше списке указаний *начало_рамки* **AND** *конец_рамки* **перед** *началом_рамки*. В частности, синтаксис `RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND смещение PRECEDING` не допускается. Но при этом, например, определение `ROWS BETWEEN 7 PRECEDING AND 8 PRECEDING` допустимо, хотя оно и не выберет никакие строки.

Если добавлено предложение `FILTER`, оконной функции подаются только те входные строки, для которых *условие_фильтра* вычисляется как истинное; другие строки отбрасываются. Предложение `FILTER` допускается только для агрегирующих оконных функций.

Встроенные оконные функции описаны в Таблице 9.57, но пользователь может расширить этот набор, создавая собственные функции. Кроме того, в качестве оконных функций можно использовать любые встроенные или пользовательские универсальные, а также статистические агрегатные функции. (Сортирующие и гипотезирующие агрегатные функции в настоящее время использовать в качестве оконных нельзя.)

Запись со звёздочкой (*) применяется при вызове не имеющих параметров агрегатных функций в качестве оконных, например `count (*) OVER (PARTITION BY x ORDER BY y)`. Звёздочка (*) обычно не применяется для исключительно оконных функций. Такие функции не допускают использования `DISTINCT` и `ORDER BY` в списке аргументов функции.

Вызовы оконных функций разрешены в запросах только в списке `SELECT` и в предложении `ORDER BY`.

Дополнительно об оконных функциях можно узнать в Разделе 3.5, Разделе 9.21 и Подразделе 7.2.5.

4.2.9. Приведения типов

Приведение типа определяет преобразование данных из одного типа в другой. PostgreSQL принимает две равносильные записи приведения типов:

```
CAST ( выражение AS тип )
выражение::тип
```

Запись с `CAST` соответствует стандарту SQL, тогда как вариант с `::` — историческое наследие PostgreSQL.

Когда приведению подвергается значение выражения известного типа, происходит преобразование типа во время выполнения. Это приведение будет успешным, только если определён подходящий оператор преобразования типов. Обратите внимание на небольшое отличие от приведения констант, описанного в Подразделе 4.1.2.7. Приведение строки в чистом виде представляет собой начальное присваивание строковой константы и оно будет успешным для любого типа (конечно, если строка содержит значение, приемлемое для данного типа данных).

Неявное приведение типа можно опустить, если возможно однозначно определить, какой тип должно иметь выражение (например, когда оно присваивается столбцу таблицы); в таких случаях система автоматически преобразует тип. Однако автоматическое преобразование выполняется только для приведений с пометкой «допускается неявное применение» в системных каталогах. Все

остальные приведения должны записываться явно. Это ограничение позволяет избежать сюрпризов с неявным преобразованием.

Также можно записать приведение типа как вызов функции:

```
имя_типа ( выражение )
```

Однако это будет работать только для типов, имена которых являются также допустимыми именами функций. Например, `double precision` так использовать нельзя, а `float8` (альтернативное название того же типа) — можно. Кроме того, имена типов `interval`, `time` и `timestamp` из-за синтаксического конфликта можно использовать в такой записи только в кавычках. Таким образом, запись приведения типа в виде вызова функции провоцирует несоответствия и, возможно, лучше будет её не применять.

Примечание

Приведение типа, представленное в виде вызова функции, на самом деле соответствует внутреннему механизму. Даже при использовании двух стандартных типов записи внутри происходит вызов зарегистрированной функции, выполняющей преобразование. По соглашению именем такой функции преобразования является имя выходного типа, и таким образом запись «в виде вызова функции» есть не что иное, как прямой вызов нижележащей функции преобразования. При создании переносимого приложения на это поведение, конечно, не следует рассчитывать. Подробнее это описано в справке `CREATE CAST`.

4.2.10. Применение правил сортировки

Предложение `COLLATE` переопределяет правило сортировки выражения. Оно добавляется после выражения:

```
выражение COLLATE правило_сортировки
```

где `правило_сортировки` — идентификатор правила, возможно дополненный именем схемы. Предложение `COLLATE` связывает выражение сильнее, чем операторы, так что при необходимости следует использовать скобки.

Если правило сортировки не определено явно, система либо выбирает его по столбцам, которые используются в выражении, либо, если таких столбцов нет, переключается на установленное для базы данных правило сортировки по умолчанию.

Предложение `COLLATE` имеет два распространённых применения: переопределение порядка сортировки в предложении `ORDER BY`, например:

```
SELECT a, b, c FROM tbl WHERE ... ORDER BY a COLLATE "C";
```

и переопределение правил сортировки при вызове функций или операторов, возвращающих языкозависимые результаты, например:

```
SELECT * FROM tbl WHERE a > 'foo' COLLATE "C";
```

Заметьте, что в последнем случае предложение `COLLATE` добавлено к аргументу оператора, на действие которого мы хотим повлиять. При этом не имеет значения, к какому именно аргументу оператора или функции добавляется `COLLATE`, так как правило сортировки, применяемое к оператору или функции, выбирается при рассмотрении всех аргументов, а явное предложение `COLLATE` переопределяет правила сортировки для всех других аргументов. (Однако добавление разных предложений `COLLATE` к нескольким аргументам будет ошибкой. Подробнее об этом см. Раздел 23.2.) Таким образом, эта команда выдаст тот же результат:

```
SELECT * FROM tbl WHERE a COLLATE "C" > 'foo';
```

Но это будет ошибкой:


```
SELECT * FROM tbl WHERE (a > 'foo') COLLATE "C";
```

здесь правило сортировки нельзя применить к результату оператора `>`, который имеет несравнимый тип данных `boolean`.

4.2.11. Скалярные подзапросы

Скалярный подзапрос — это обычный запрос `SELECT` в скобках, который возвращает ровно одну строку и один столбец. (Написание запросов освещается в Главе 7.) После выполнения запроса `SELECT` его единственный результат используется в окружающем его выражении. В качестве скалярного подзапроса нельзя использовать запросы, возвращающие более одной строки или столбца. (Но если в результате выполнения подзапрос не вернёт строк, скалярный результат считается равным `NULL`.) В подзапросе можно ссылаться на переменные из окружающего запроса; в процессе одного вычисления подзапроса они будут считаться константами. Другие выражения с подзапросами описаны в Разделе 9.22.

Например, следующий запрос находит самый населённый город в каждом штате:

```
SELECT name, (SELECT max(pop) FROM cities WHERE cities.state = states.name)
FROM states;
```

4.2.12. Конструкторы массивов

Конструктор массива — это выражение, которое создаёт массив, определяя значения его элементов. Конструктор простого массива состоит из ключевого слова `ARRAY`, открывающей квадратной скобки `[`, списка выражений (разделённых запятыми), задающих значения элементов массива, и закрывающей квадратной скобки `]`. Например:

```
SELECT ARRAY[1,2,3+4];
      array
-----
{1,2,7}
(1 row)
```

По умолчанию типом элементов массива считается общий тип для всех выражений, определённый по правилам, действующим и для конструкций `UNION` и `CASE` (см. Раздел 10.5). Вы можете переопределить его явно, приведя конструктор массива к требуемому типу, например:

```
SELECT ARRAY[1,2,22.7]::integer[];
      array
-----
{1,2,23}
(1 row)
```

Это равносильно тому, что привести к нужному типу каждое выражение по отдельности. Подробнее приведение типов описано в Подразделе 4.2.9.

Многомерные массивы можно образовывать, вкладывая конструкторы массивов. При этом во внутренних конструкторах слово `ARRAY` можно опускать. Например, результат работы этих конструкторов одинаков:

```
SELECT ARRAY[ARRAY[1,2], ARRAY[3,4]];
      array
-----
{{1,2},{3,4}}
(1 row)

SELECT ARRAY[[1,2],[3,4]];
      array
-----
{{1,2},{3,4}}
(1 row)
```

Многомерные массивы должны быть прямоугольными, и поэтому внутренние конструкторы одного уровня должны создавать вложенные массивы одинаковой размерности. Любое приведение типа, применённое к внешнему конструктору ARRAY, автоматически распространяется на все внутренние.

Элементы многомерного массива можно создавать не только вложенными конструкторами ARRAY, но и другими способами, позволяющими получить массивы нужного типа. Например:

```
CREATE TABLE arr(f1 int[], f2 int[]);

INSERT INTO arr VALUES (ARRAY[[1,2],[3,4]], ARRAY[[5,6],[7,8]]);

SELECT ARRAY[f1, f2, '{{9,10},{11,12}}'::int[]] FROM arr;
      array
-----
{{{1,2},{3,4}},{5,6},{7,8}},{9,10},{11,12}}}
(1 row)
```

Вы можете создать и пустой массив, но так как массив не может быть не типизированным, вы должны явно привести пустой массив к нужному типу. Например:

```
SELECT ARRAY[]::integer[];
      array
-----
{}
(1 row)
```

Также возможно создать массив из результатов подзапроса. В этом случае конструктор массива записывается так же с ключевым словом ARRAY, за которым в круглых скобках следует подзапрос. Например:

```
SELECT ARRAY(SELECT oid FROM pg_proc WHERE proname LIKE 'bytea%');
      array
-----
{2011,1954,1948,1952,1951,1244,1950,2005,1949,1953,2006,31,2412,2413}
(1 row)

SELECT ARRAY(SELECT ARRAY[i, i*2] FROM generate_series(1,5) AS a(i));
      array
-----
{{1,2},{2,4},{3,6},{4,8},{5,10}}
(1 row)
```

Такой подзапрос должен возвращать один столбец. Если этот столбец имеет тип, отличный от массива, результирующий одномерный массив будет включать элементы для каждой строки-результата подзапроса и типом элемента будет тип столбца результата. Если же тип столбца — массив, будет создан массив того же типа, но большей размерности; в любом случае во всех строках подзапроса должны выдаваться массивы одинаковой размерности, чтобы можно было получить прямоугольный результат.

Индексы массива, созданного конструктором ARRAY, всегда начинаются с одного. Подробнее о массивах вы узнаете в Разделе 8.15.

4.2.13. Конструкторы табличных строк

Конструктор табличной строки — это выражение, создающее строку или кортеж (или составное значение) из значений его аргументов-полей. Конструктор строки состоит из ключевого слова ROW, открывающей круглой скобки, нуля или нескольких выражений (разделённых запятыми), определяющих значения полей, и закрывающей скобки. Например:

```
SELECT ROW(1,2.5,'this is a test');
```

Если в списке более одного выражения, ключевое слово `ROW` можно опустить.

Конструктор строки поддерживает запись *составное_значение*.*, при этом данное значение будет развёрнуто в список элементов, так же, как в записи .* на верхнем уровне списка `SELECT` (см. Подраздел 8.16.5). Например, если таблица `t` содержит столбцы `f1` и `f2`, эти записи равнозначны:

```
SELECT ROW(t.*, 42) FROM t;
SELECT ROW(t.f1, t.f2, 42) FROM t;
```

Примечание

До версии PostgreSQL 8.2 запись .* не разворачивалась в конструкторах строк, так что выражение `ROW(t.*, 42)` создавало составное значение из двух полей, в котором первое поле так же было составным. Новое поведение обычно более полезно. Если вам нужно получить прежнее поведение, чтобы одно значение строки было вложено в другое, напишите внутреннее значение без .*, например: `ROW(t, 42)`.

По умолчанию значение, созданное выражением `ROW`, имеет тип анонимной записи. Если необходимо, его можно привести к именованному составному типу — либо к типу строки таблицы, либо составному типу, созданному оператором `CREATE TYPE AS`. Явное приведение может потребоваться для достижения однозначности. Например:

```
CREATE TABLE mytable(f1 int, f2 float, f3 text);

CREATE FUNCTION getf1(mytable) RETURNS int AS 'SELECT $1.f1' LANGUAGE SQL;

-- Приведение не требуется, так как существует только одна getf1()
SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test'));
getf1
-----
      1
(1 row)

CREATE TYPE myrowtype AS (f1 int, f2 text, f3 numeric);

CREATE FUNCTION getf1(myrowtype) RETURNS int AS 'SELECT $1.f1' LANGUAGE SQL;

-- Теперь приведение необходимо для однозначного выбора функции:
SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test'));
ОШИБКА: функция getf1(record) не уникальна

SELECT getf1(ROW(1,2.5,'this is a test')::mytable);
getf1
-----
      1
(1 row)

SELECT getf1(CAST(ROW(11,'this is a test',2.5) AS myrowtype));
getf1
-----
     11
(1 row)
```

Используя конструктор строк (кортежей), можно создавать составное значение для сохранения в столбце составного типа или для передачи функции, принимающей составной параметр. Также вы можете сравнить два составных значения или проверить их с помощью `IS NULL` или `IS NOT NULL`, например:

```
SELECT ROW(1,2.5,'this is a test') = ROW(1, 3, 'not the same');
```

```
-- выбрать все строки, содержащие только NULL
SELECT ROW(table.*) IS NULL FROM table;
```

Подробнее см. Раздел 9.23. Конструкторы строк также могут использоваться в сочетании с подзапросами, как описано в Разделе 9.22.

4.2.14. Правила вычисления выражений

Порядок вычисления подвыражений не определён. В частности, аргументы оператора или функции не обязательно вычисляются слева направо или в любом другом фиксированном порядке.

Более того, если результат выражения можно получить, вычисляя только некоторые его части, тогда другие подвыражения не будут вычисляться вовсе. Например, если написать:

```
SELECT true OR somefunc();
```

тогда функция `somefunc()` не будет вызываться (возможно). То же самое справедливо для записи:

```
SELECT somefunc() OR true;
```

Заметьте, что это отличается от «оптимизации» вычисления логических операторов слева направо, реализованной в некоторых языках программирования.

Как следствие, в сложных выражениях не стоит использовать функции с побочными эффектами. Особенно опасно рассчитывать на порядок вычисления или побочные эффекты в предложениях `WHERE` и `HAVING`, так как эти предложения тщательно оптимизируются при построении плана выполнения. Логические выражения (сочетания `AND/OR/NOT`) в этих предложениях могут быть видоизменены любым способом, допустимым законами Булевой алгебры.

Когда порядок вычисления важен, его можно зафиксировать с помощью конструкции `CASE` (см. Раздел 9.17). Например, такой способ избежать деления на ноль в предложении `WHERE` ненадёжен:

```
SELECT ... WHERE x > 0 AND y/x > 1.5;
```

Безопасный вариант:

```
SELECT ... WHERE CASE WHEN x > 0 THEN y/x > 1.5 ELSE false END;
```

Применяемая так конструкция `CASE` защищает выражение от оптимизации, поэтому использовать её нужно только при необходимости. (В данном случае было бы лучше решить проблему, переписав условие как `y > 1.5*x`.)

Однако, `CASE` не всегда спасает в подобных случаях. Показанный выше приём плох тем, что не предотвращает раннее вычисление константных подвыражений. Как описано в Разделе 38.7, функции и операторы, помеченные как `IMMUTABLE`, могут вычисляться при планировании, а не выполнении запроса. Поэтому в примере

```
SELECT CASE WHEN x > 0 THEN x ELSE 1/0 END FROM tab;
```

, скорее всего, произойдёт деление на ноль из-за того, что планировщик попытается упростить константное подвыражение, даже если во всех строках в таблице `x > 0`, а значит во время выполнения ветвь `ELSE` никогда не будет выполняться.

Хотя этот конкретный пример может показаться надуманным, похожие ситуации, в которых неявно появляются константы, могут возникать и в запросах внутри функций, так как значения аргументов функции и локальных переменных при планировании могут быть заменены константами. Поэтому, например, в функциях PL/pgSQL гораздо безопаснее для защиты от рискованных вычислений использовать конструкцию `IF-THEN-ELSE`, чем выражение `CASE`.

Ещё один подобный недостаток этого подхода в том, что `CASE` не может предотвратить вычисление заключённого в нём агрегатного выражения, так как агрегатные выражения вычисляются перед всеми остальными в списке `SELECT` или предложении `HAVING`. Например, в следующем запросе может возникнуть ошибка деления на ноль, несмотря на то, что он вроде бы защищён от неё:

```
SELECT CASE WHEN min(employees) > 0
            THEN avg(expenses / employees)
            END
FROM departments;
```

Агрегатные функции `min()` и `avg()` вычисляются независимо по всем входным строкам, так что если в какой-то строке поле `employees` окажется равным нулю, деление на ноль произойдёт раньше, чем станет возможным проверить результат функции `min()`. Поэтому, чтобы проблемные входные строки изначально не попали в агрегатную функцию, следует воспользоваться предложениями `WHERE` или `FILTER`.

4.3. Вызов функций

PostgreSQL позволяет вызывать функции с именованными параметрами, используя запись с *позиционной* или *именной* передачей аргументов. Именная передача особенно полезна для функций со множеством параметров, так как она делает связь параметров и аргументов более явной и надёжной. В позиционной записи значения аргументов функции указываются в том же порядке, в каком они описаны в определении функции. При именной передаче аргументы сопоставляются с параметрами функции по именам и указывать их можно в любом порядке. Для каждого варианта вызова также учитывайте влияние типов аргументов функций, описанное в Разделе 10.3.

При записи любым способом параметры, для которых в определении функции заданы значения по умолчанию, можно вовсе не указывать. Но это особенно полезно при именной передаче, так как опустить можно любой набор параметров, тогда как при позиционной параметры можно опускать только последовательно, справа налево.

PostgreSQL также поддерживает *смешанную* передачу, когда параметры передаются и по именам, и по позиции. В этом случае позиционные параметры должны идти перед параметрами, передаваемыми по именам.

Мы рассмотрим все три варианта записи на примере следующей функции:

```
CREATE FUNCTION concat_lower_or_upper(a text, b text,
    uppercase boolean DEFAULT false)
RETURNS text
AS
$$
    SELECT CASE
        WHEN $3 THEN UPPER($1 || ' ' || $2)
        ELSE LOWER($1 || ' ' || $2)
    END;
$$
LANGUAGE SQL IMMUTABLE STRICT;
```

Функция `concat_lower_or_upper` имеет два обязательных параметра: `a` и `b`. Кроме того, есть один необязательный параметр `uppercase`, который по умолчанию имеет значение `false`. Аргументы `a` и `b` будут сложены вместе и переведены в верхний или нижний регистр, в зависимости от параметра `uppercase`. Остальные тонкости реализации функции сейчас не важны (подробнее о них рассказано в Главе 38).

4.3.1. Позиционная передача

Позиционная передача — это традиционный механизм передачи аргументов функции в PostgreSQL. Пример такой записи:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World', true);
concat_lower_or_upper
-----
HELLO WORLD
(1 row)
```

Все аргументы указаны в заданном порядке. Результат возвращён в верхнем регистре, так как параметр `uppercase` имеет значение `true`. Ещё один пример:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World');
concat_lower_or_upper
-----
hello world
(1 row)
```

Здесь параметр `uppercase` опущен, и поэтому он принимает значение по умолчанию (`false`), и результат переводится в нижний регистр. В позиционной записи любые аргументы с определённым значением по умолчанию можно опускать справа налево.

4.3.2. Именная передача

При именной передаче для аргумента добавляется имя, которое отделяется от выражения значения знаками `=>`. Например:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', b => 'World');
concat_lower_or_upper
-----
hello world
(1 row)
```

Здесь аргумент `uppercase` был так же опущен, так что он неявно получил значение `false`. Преимуществом такой записи является возможность записывать аргументы в любом порядке, например:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', b => 'World', uppercase => true);
concat_lower_or_upper
-----
HELLO WORLD
(1 row)
```

```
SELECT concat_lower_or_upper(a => 'Hello', uppercase => true, b => 'World');
concat_lower_or_upper
-----
HELLO WORLD
(1 row)
```

Для обратной совместимости поддерживается и старый синтаксис с `:=`:

```
SELECT concat_lower_or_upper(a := 'Hello', uppercase := true, b := 'World');
concat_lower_or_upper
-----
HELLO WORLD
(1 row)
```

4.3.3. Смешанная передача

При смешанной передаче параметры передаются и по именам, и по позиции. Однако, как уже было сказано, именованные аргументы не могут стоять перед позиционными. Например:

```
SELECT concat_lower_or_upper('Hello', 'World', uppercase => true);
concat_lower_or_upper
-----
HELLO WORLD
(1 row)
```

В данном запросе аргументы `a` и `b` передаются по позиции, а `uppercase` — по имени. Единственное обоснование такого вызова здесь — он стал чуть более читаемым. Однако для более сложных функций с множеством аргументов, часть из которых имеют значения по умолчанию, именная или смешанная передача позволяют записать вызов эффективнее и уменьшить вероятность ошибок.

Примечание

Именная и смешанная передача в настоящий момент не может использоваться при вызове агрегатной функции (но они допускаются, если агрегатная функция используется в качестве оконной).

Глава 5. Определение данных

Эта глава рассказывает, как создавать структуры базы данных, в которых будут храниться данные. В реляционной базе данных данные хранятся в таблицах, так что большая часть этой главы будет посвящена созданию и изменению таблиц, а также средствам управления данными в них. Затем мы обсудим, как таблицы можно объединять в схемы и как ограничивать доступ к ним. Наконец, мы кратко рассмотрим другие возможности, связанные с хранением данных, в частности наследование, секционирование таблиц, представления, функции и триггеры.

5.1. Основы таблиц

Таблица в реляционной базе данных похожа на таблицу на бумаге: она так же состоит из строк и столбцов. Число и порядок столбцов фиксированы, а каждый столбец имеет имя. Число строк переменное — оно отражает текущее количество находящихся в ней данных. SQL не даёт никаких гарантий относительно порядка строк таблицы. При чтении таблицы строки выводятся в произвольном порядке, если только явно не требуется сортировка. Подробнее это рассматривается в Главе 7. Более того, SQL не назначает строкам уникальные идентификаторы, так что можно иметь в таблице несколько полностью идентичных строк. Это вытекает из математической модели, которую реализует SQL, но обычно такое дублирование нежелательно. Позже в этой главе мы увидим, как его избежать.

Каждому столбцу сопоставлен тип данных. Тип данных ограничивает набор допустимых значений, которые можно присвоить столбцу, и определяет смысловое значение данных для вычислений. Например, в столбец числового типа нельзя записать обычные текстовые строки, но зато его данные можно использовать в математических вычислениях. И наоборот, если столбец имеет тип текстовой строки, для него допустимы практически любые данные, но он непригоден для математических действий (хотя другие операции, например конкатенация строк, возможны).

В PostgreSQL есть внушительный набор встроенных типов данных, удовлетворяющий большинство приложений. Пользователи также могут определять собственные типы данных. Большинство встроенных типов данных имеют понятные имена и семантику, так что мы отложим их подробное рассмотрение до Главы 8. Наиболее часто применяются следующие типы данных: `integer` для целых чисел, `numeric` для чисел, которые могут быть дробными, `text` для текстовых строк, `date` для дат, `time` для времени и `timestamp` для значений, включающих дату и время.

Для создания таблицы используется команда `CREATE TABLE`. В этой команде вы должны указать как минимум имя новой таблицы и имена и типы данных каждого столбца. Например:

```
CREATE TABLE my_first_table (  
    first_column text,  
    second_column integer  
);
```

Так вы создадите таблицу `my_first_table` с двумя столбцами. Первый столбец называется `first_column` и имеет тип данных `text`; второй столбец называется `second_column` и имеет тип `integer`. Имена таблицы и столбцов соответствуют синтаксису идентификаторов, описанному в Подразделе 4.1.1. Имена типов также являются идентификаторами, хотя есть некоторые исключения. Заметьте, что список столбцов заключается в скобки, а его элементы разделяются запятыми.

Конечно, предыдущий пример ненатурален. Обычно в именах таблиц и столбцов отражается, какие данные они будут содержать. Поэтому давайте взглянем на более реалистичный пример:

```
CREATE TABLE products (  
    product_no integer,  
    name text,  
    price numeric  
);
```

(Тип `numeric` может хранить дробные числа, в которых обычно выражаются денежные суммы.)

Подсказка

Когда вы создаёте много взаимосвязанных таблиц, имеет смысл заранее выбрать единый шаблон именования таблиц и столбцов. Например, решить, будут ли в именах таблиц использоваться существительные во множественном или в единственном числе (есть соображения в пользу каждого варианта).

Число столбцов в таблице не может быть бесконечным. Это число ограничивается максимумом в пределах от 250 до 1600, в зависимости от типов столбцов. Однако создавать таблицы с таким большим числом столбцов обычно не требуется, а если такая потребность возникает, это скорее признак сомнительного дизайна.

Если таблица вам больше не нужна, вы можете удалить её, выполнив команду `DROP TABLE`. Например:

```
DROP TABLE my_first_table;
DROP TABLE products;
```

Попытка удаления несуществующей таблицы считается ошибкой. Тем не менее в SQL-скриптах часто применяют безусловное удаление таблиц перед созданием, игнорируя все сообщения об ошибках, так что они выполняют свою задачу независимо от того, существовали таблицы или нет. (Если вы хотите избежать таких ошибок, можно использовать вариант `DROP TABLE IF EXISTS`, но это не будет соответствовать стандарту SQL.)

Как изменить существующую таблицу, будет рассмотрено в этой главе позже, в Разделе 5.5.

Имея средства, которые мы обсудили, вы уже можете создавать полностью функциональные таблицы. В продолжении этой главы рассматриваются дополнительные возможности, призванные обеспечить целостность данных, безопасность и удобство. Если вам не терпится наполнить свои таблицы данными, вы можете вернуться к этой главе позже, а сейчас перейти к Главе 6.

5.2. Значения по умолчанию

Столбцу можно назначить значение по умолчанию. Когда добавляется новая строка и каким-то её столбцам не присваиваются значения, эти столбцы принимают значения по умолчанию. Также команда управления данными может явно указать, что столбцу должно быть присвоено значение по умолчанию, не зная его. (Подробнее команды управления данными описаны в Главе 6.)

Если значение по умолчанию не объявлено явно, им считается значение `NULL`. Обычно это имеет смысл, так как можно считать, что `NULL` представляет неизвестные данные.

В определении таблицы значения по умолчанию указываются после типа данных столбца. Например:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric DEFAULT 9.99
);
```

Значение по умолчанию может быть выражением, которое в этом случае вычисляется в момент присваивания значения по умолчанию (а не когда создаётся таблица). Например, столбцу `timestamp` в качестве значения по умолчанию часто присваивается `CURRENT_TIMESTAMP`, чтобы в момент добавления строки в нём оказалось текущее время. Ещё один распространённый пример — генерация «последовательных номеров» для всех строк. В PostgreSQL это обычно делается примерно так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer DEFAULT nextval('products_product_no_seq'),
```

```
...
);
```

здесь функция `nextval()` выбирает очередное значение из *последовательности* (см. Раздел 9.16). Это употребление настолько распространено, что для него есть специальная короткая запись:

```
CREATE TABLE products (
    product_no SERIAL,
    ...
);
```

`SERIAL` обсуждается позже в Подразделе 8.1.4.

5.3. Ограничения

Типы данных сами по себе ограничивают множество данных, которые можно сохранить в таблице. Однако для многих приложений такие ограничения слишком грубые. Например, столбец, содержащий цену продукта, должен, вероятно, принимать только положительные значения. Но такого стандартного типа данных нет. Возможно, вы также захотите ограничить данные столбца по отношению к другим столбцам или строкам. Например, в таблице с информацией о товаре должна быть только одна строка с определённым кодом товара.

Для решения подобных задач SQL позволяет вам определять ограничения для столбцов и таблиц. Ограничения дают вам возможность управлять данными в таблицах так, как вы захотите. Если пользователь попытается сохранить в столбце значение, нарушающее ограничения, возникнет ошибка. Ограничения будут действовать, даже если это значение по умолчанию.

5.3.1. Ограничения-проверки

Ограничение-проверка — наиболее общий тип ограничений. В его определении вы можете указать, что значение данного столбца должно удовлетворять логическому выражению (проверке истинности). Например, цену товара можно ограничить положительными значениями так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0)
);
```

Как вы видите, ограничение определяется после типа данных, как и значение по умолчанию. Значения по умолчанию и ограничения могут указываться в любом порядке. Ограничение-проверка состоит из ключевого слова `CHECK`, за которым идёт выражение в скобках. Это выражение должно включать столбец, для которого задаётся ограничение, иначе оно не имеет большого смысла.

Вы можете также присвоить ограничению отдельное имя. Это улучшит сообщения об ошибках и позволит вам ссылаться на это ограничение, когда вам понадобится изменить его. Сделать это можно так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CONSTRAINT positive_price CHECK (price > 0)
);
```

То есть, чтобы создать именованное ограничение, напишите ключевое слово `CONSTRAINT`, а за ним идентификатор и собственно определение ограничения. (Если вы не определите имя ограничения таким образом, система выберет для него имя за вас.)

Ограничение-проверка может также ссылаться на несколько столбцов. Например, если вы храните обычную цену и цену со скидкой, так вы можете гарантировать, что цена со скидкой будет всегда меньше обычной:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric CHECK (discounted_price > 0),
    CHECK (price > discounted_price)
);
```

Первые два ограничения определяются похожим образом, но для третьего используется новый синтаксис. Оно не связано с определённым столбцом, а представлено отдельным элементом в списке. Определения столбцов и такие определения ограничений можно переставлять в произвольном порядке.

Про первые два ограничения можно сказать, что это ограничения столбцов, тогда как третье является ограничением таблицы, так как оно написано отдельно от определений столбцов. Ограничения столбцов также можно записать в виде ограничений таблицы, тогда как обратное не всегда возможно, так как подразумевается, что ограничение столбца ссылается только на связанный столбец. (Хотя PostgreSQL этого не требует, но для совместимости с другими СУБД лучше следовать это правилу.) Ранее приведённый пример можно переписать и так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0),
    CHECK (price > discounted_price)
);
```

Или даже так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0 AND price > discounted_price)
);
```

Это дело вкуса.

Ограничениям таблицы можно присваивать имена так же, как и ограничениям столбцов:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    CHECK (price > 0),
    discounted_price numeric,
    CHECK (discounted_price > 0),
    CONSTRAINT valid_discount CHECK (price > discounted_price)
);
```

Следует заметить, что ограничение-проверка удовлетворяется, если выражение принимает значение true или NULL. Так как результатом многих выражений с операндами NULL будет значение NULL, такие ограничения не будут препятствовать записи NULL в связанные столбцы. Чтобы гарантировать, что столбец не содержит значения NULL, можно использовать ограничение NOT NULL, описанное в следующем разделе.

5.3.2. Ограничения NOT NULL

Ограничение NOT NULL просто указывает, что столбцу нельзя присваивать значение NULL. Пример синтаксиса:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NOT NULL,
    name text NOT NULL,
    price numeric
);
```

Ограничение NOT NULL всегда записывается как ограничение столбца и функционально эквивалентно ограничению CHECK (*имя_столбца* IS NOT NULL), но в PostgreSQL явное ограничение NOT NULL работает более эффективно. Хотя у такой записи есть недостаток — назначить имя таким ограничениям нельзя.

Естественно, для столбца можно определить больше одного ограничения. Для этого их нужно просто указать одно за другим:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NOT NULL,
    name text NOT NULL,
    price numeric NOT NULL CHECK (price > 0)
);
```

Порядок здесь не имеет значения, он не обязательно соответствует порядку проверки ограничений.

Для ограничения NOT NULL есть и обратное: ограничение NULL. Оно не означает, что столбец должен иметь только значение NULL, что конечно было бы бессмысленно. Суть же его в простом указании, что столбец может иметь значение NULL (это поведение по умолчанию). Ограничение NULL отсутствует в стандарте SQL и использовать его в переносимых приложениях не следует. (Оно было добавлено в PostgreSQL только для совместимости с некоторыми другими СУБД.) Однако некоторые пользователи любят его использовать, так как оно позволяет легко переключать ограничения в скрипте. Например, вы можете начать с:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer NULL,
    name text NULL,
    price numeric NULL
);
```

и затем вставить ключевое слово NOT, где потребуется.

Подсказка

При проектировании баз данных чаще всего большинство столбцов должны быть помечены как NOT NULL.

5.3.3. Ограничения уникальности

Ограничения уникальности гарантируют, что данные в определённом столбце или группе столбцов уникальны среди всех строк таблицы. Ограничение записывается так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer UNIQUE,
    name text,
    price numeric
);
```

в виде ограничения столбца и так:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer,
    name text,
    price numeric,
    UNIQUE (product_no)
);
```

в виде ограничения таблицы.

Чтобы определить ограничение уникальности для группы столбцов, запишите его в виде ограничения таблицы, перечислив имена столбцов через запятую:

```
CREATE TABLE example (
    a integer,
    b integer,
    c integer,
    UNIQUE (a, c)
);
```

Такое ограничение указывает, что сочетание значений перечисленных столбцов должно быть уникально во всей таблице, тогда как значения каждого столбца по отдельности не должны быть (и обычно не будут) уникальными.

Вы можете назначить уникальному ограничению имя обычным образом:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer CONSTRAINT must_be_different UNIQUE,
    name text,
    price numeric
);
```

При добавлении ограничения уникальности будет автоматически создан уникальный индекс-B-дерево для столбца или группы столбцов, перечисленных в ограничении. Условие уникальности, распространяющееся только на некоторые строки, нельзя записать в виде ограничения уникальности, однако такое условие можно установить, создав уникальный частичный индекс.

Вообще говоря, ограничение уникальности нарушается, если в таблице оказывается несколько строк, у которых совпадают значения всех столбцов, включённых в ограничение. Однако два значения NULL при сравнении никогда не считаются равными. Это означает, что даже при наличии ограничения уникальности в таблице можно сохранить строки с дублирующимися значениями, если они содержат NULL в одном или нескольких столбцах ограничения. Это поведение соответствует стандарту SQL, но мы слышали о СУБД, которые ведут себя по-другому. Имейте в виду эту особенность, разрабатывая переносимые приложения.

5.3.4. Первичные ключи

Ограничение первичного ключа означает, что образующий его столбец или группа столбцов может быть уникальным идентификатором строк в таблице. Для этого требуется, чтобы значения были одновременно уникальными и отличными от NULL. Таким образом, таблицы со следующими двумя определениями будут принимать одинаковые данные:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer UNIQUE NOT NULL,
    name text,
    price numeric
);
```

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);
```

```
);
```

Первичные ключи могут включать несколько столбцов; синтаксис похож на запись ограничений уникальности:

```
CREATE TABLE example (
    a integer,
    b integer,
    c integer,
    PRIMARY KEY (a, c)
);
```

При добавлении первичного ключа автоматически создаётся уникальный индекс-B-дерево для столбца или группы столбцов, перечисленных в первичном ключе, и данные столбцы помечаются как NOT NULL.

Таблица может иметь максимум один первичный ключ. (Ограничений уникальности и ограничений NOT NULL, которые функционально почти равнозначны первичным ключам, может быть сколько угодно, но назначить ограничением первичного ключа можно только одно.) Теория реляционных баз данных говорит, что первичный ключ должен быть в каждой таблице. В PostgreSQL такого жёсткого требования нет, но обычно лучше ему следовать.

Первичные ключи полезны и для документирования, и для клиентских приложений. Например, графическому приложению с возможностями редактирования содержимого таблицы, вероятно, потребуется знать первичный ключ таблицы, чтобы однозначно идентифицировать её строки. Первичные ключи находят и другое применение в СУБД; в частности, первичный ключ в таблице определяет целевые столбцы по умолчанию для сторонних ключей, ссылающихся на эту таблицу.

5.3.5. Внешние ключи

Ограничение внешнего ключа указывает, что значения столбца (или группы столбцов) должны соответствовать значениям в некоторой строке другой таблицы. Это называется *ссылочной целостностью* двух связанных таблиц.

Пусть у вас уже есть таблица продуктов, которую мы неоднократно использовали ранее:

```
CREATE TABLE products (
    product_no integer PRIMARY KEY,
    name text,
    price numeric
);
```

Давайте предположим, что у вас есть таблица с заказами этих продуктов. Мы хотим, чтобы в таблице заказов содержались только заказы действительно существующих продуктов. Поэтому мы определим в ней ограничение внешнего ключа, ссылающееся на таблицу продуктов:

```
CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    product_no integer REFERENCES products (product_no),
    quantity integer
);
```

С таким ограничением создать заказ со значением `product_no`, отсутствующим в таблице `products` (и не равным NULL), будет невозможно.

В такой схеме таблицу `orders` называют *подчинённой* таблицей, а `products` — *главной*. Соответственно, столбцы называют так же подчинённым и главным (или ссылающимся и целевым).

Предыдущую команду можно сократить так:

```
CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
```

```
product_no integer REFERENCES products,
quantity integer
);
```

то есть, если опустить список столбцов, внешний ключ будет неявно связан с первичным ключом главной таблицы.

Внешний ключ также может ссылаться на группу столбцов. В этом случае его нужно записать в виде обычного ограничения таблицы. Например:

```
CREATE TABLE t1 (
  a integer PRIMARY KEY,
  b integer,
  c integer,
  FOREIGN KEY (b, c) REFERENCES other_table (c1, c2)
);
```

Естественно, число и типы столбцов в ограничении должны соответствовать числу и типам целевых столбцов.

Ограничению внешнего ключа можно назначить имя стандартным способом.

Таблица может содержать несколько ограничений внешнего ключа. Это полезно для связи таблиц в отношении многие-ко-многим. Скажем, у вас есть таблицы продуктов и заказов, но вы хотите, чтобы один заказ мог содержать несколько продуктов (что невозможно в предыдущей схеме). Для этого вы можете использовать такую схему:

```
CREATE TABLE products (
  product_no integer PRIMARY KEY,
  name text,
  price numeric
);

CREATE TABLE orders (
  order_id integer PRIMARY KEY,
  shipping_address text,
  ...
);

CREATE TABLE order_items (
  product_no integer REFERENCES products,
  order_id integer REFERENCES orders,
  quantity integer,
  PRIMARY KEY (product_no, order_id)
);
```

Заметьте, что в последней таблице первичный ключ покрывает внешние ключи.

Мы знаем, что внешние ключи запрещают создание заказов, не относящихся ни к одному продукту. Но что делать, если после создания заказов с определённым продуктом мы захотим удалить его? SQL справится с этой ситуацией. Интуиция подсказывает следующие варианты поведения:

- Запретить удаление продукта
- Удалить также связанные заказы
- Что-то ещё?

Для иллюстрации давайте реализуем следующее поведение в вышеприведённом примере: при попытке удаления продукта, на который ссылаются заказы (через таблицу `order_items`), мы запрещаем эту операцию. Если же кто-то попытается удалить заказ, то удалится и его содержимое:

```
CREATE TABLE products (
  product_no integer PRIMARY KEY,
```

```

    name text,
    price numeric
);

CREATE TABLE orders (
    order_id integer PRIMARY KEY,
    shipping_address text,
    ...
);

CREATE TABLE order_items (
    product_no integer REFERENCES products ON DELETE RESTRICT,
    order_id integer REFERENCES orders ON DELETE CASCADE,
    quantity integer,
    PRIMARY KEY (product_no, order_id)
);

```

Ограничивающие и каскадные удаления — два наиболее распространённых варианта. `RESTRICT` предотвращает удаление связанной строки. `NO ACTION` означает, что если зависимые строки продолжают существовать при проверке ограничения, возникает ошибка (это поведение по умолчанию). (Главным отличием этих двух вариантов является то, что `NO ACTION` позволяет отложить проверку в процессе транзакции, а `RESTRICT` — нет.) `CASCADE` указывает, что при удалении связанных строк зависимые от них будут так же автоматически удалены. Есть ещё два варианта: `SET NULL` и `SET DEFAULT`. При удалении связанных строк они назначают зависимым столбцам в подчинённой таблице значения `NULL` или значения по умолчанию, соответственно. Заметьте, что это не будет основанием для нарушения ограничений. Например, если в качестве действия задано `SET DEFAULT`, но значение по умолчанию не удовлетворяет ограничению внешнего ключа, операция закончится ошибкой.

Аналогично указанию `ON DELETE` существует `ON UPDATE`, которое срабатывает при изменении заданного столбца. При этом возможные действия те же, а `CASCADE` в данном случае означает, что изменённые значения связанных столбцов будут скопированы в зависимые строки.

Обычно зависимая строка не должна удовлетворять ограничению внешнего ключа, если один из связанных столбцов содержит `NULL`. Если в объявление внешнего ключа добавлено `MATCH FULL`, строка будет удовлетворять ограничению, только если все связанные столбцы равны `NULL` (то есть при разных значениях (`NULL` и не `NULL`) гарантируется невыполнение ограничения `MATCH FULL`). Если вы хотите, чтобы зависимые строки не могли избежать и этого ограничения, объявите связанные столбцы как `NOT NULL`.

Внешний ключ должен ссылаться на столбцы, образующие первичный ключ или ограничение уникальности. Таким образом, для связанных столбцов всегда будет существовать индекс (определённый соответствующим первичным ключом или ограничением), а значит проверки соответствия связанной строки будут выполняться эффективно. Так как команды `DELETE` для строк главной таблицы или `UPDATE` для зависимых столбцов потребуют просканировать подчинённую таблицу и найти строки, ссылающиеся на старые значения, полезно будет иметь индекс и для подчинённых столбцов. Но это нужно не всегда, и создать соответствующий индекс можно по-разному, поэтому объявление внешнего ключа не создаёт автоматически индекс по связанным столбцам.

Подробнее об изменении и удалении данных рассказывается в Главе 6. Вы также можете подробнее узнать о синтаксисе ограничений внешнего ключа в справке `CREATE TABLE`.

5.3.6. Ограничения-исключения

Ограничения-исключения гарантируют, что при сравнении любых двух строк по указанным столбцам или выражениям с помощью заданных операторов, минимум одно из этих сравнений возвратит `false` или `NULL`. Записывается это так:

```
CREATE TABLE circles (
```



```
c circle,  
EXCLUDE USING gist (c WITH &&)  
);
```

Подробнее об этом см. `CREATE TABLE ... CONSTRAINT ... EXCLUDE`.

При добавлении ограничения-исключения будет автоматически создан индекс того типа, который указан в объявлении ограничения.

5.4. Системные столбцы

В каждой таблице есть несколько *системных столбцов*, неявно определённых системой. Как следствие, их имена нельзя использовать в качестве имён пользовательских столбцов. (Заметьте, что это не зависит от того, является ли имя ключевым словом или нет; заключение имени в кавычки не поможет избежать этого ограничения.) Эти столбцы не должны вас беспокоить, вам лишь достаточно знать об их существовании.

`oid`

Идентификатор объекта (object ID) для строки. Этот столбец присутствует, только если таблица была создана с указанием `WITH OIDS`, или если в момент её создания была установлена переменная конфигурации `default_with_oids`. Этот столбец имеет тип `oid` (с тем же именем, что и сам столбец); подробнее об этом типе см. Раздел 8.19.

`tableoid`

Идентификатор объекта для таблицы, содержащей строку. Этот столбец особенно полезен для запросов, имеющих дело с иерархией наследования (см. Раздел 5.9), так как без него сложно определить, из какой таблицы выбрана строка. Связав `tableoid` со столбцом `oid` в таблице `pg_class`, можно будет получить имя таблицы.

`xmin`

Идентификатор (код) транзакции, добавившей строку этой версии. (Версия строки — это её индивидуальное состояние; при каждом изменении создаётся новая версия одной и той же логической строки.)

`cmin`

Номер команды (начиная с нуля) внутри транзакции, добавившей строку.

`xmax`

Идентификатор транзакции, удалившей строку, или 0 для неудалённой версии строки. Значение этого столбца может быть ненулевым и для видимой версии строки. Это обычно означает, что удаляющая транзакция ещё не была зафиксирована, или удаление было отменено.

`ctid`

Номер команды в удаляющей транзакции или ноль.

`ctid`

Физическое расположение данной версии строки в таблице. Заметьте, что хотя по `ctid` можно очень быстро найти версию строки, значение `ctid` изменится при выполнении `VACUUM FULL`. Таким образом, `ctid` нельзя применять в качестве долгосрочного идентификатора строки. Для идентификации логических строк лучше использовать OID или даже дополнительный последовательный номер.

Коды OID представляют собой 32-битные значения и выбираются из единого для всей СУБД счётчика. В больших или долгоживущих базах данных этот счётчик может пойти по кругу. Таким об-

разом, не рекомендуется рассчитывать на уникальность OID, если только вы не обеспечите её дополнительно. Если вам нужно идентифицировать строки таблицы, настоятельно рекомендуется использовать последовательности. Однако можно использовать и коды OID, при выполнении следующих условий:

- Когда для идентификации строк таблиц применяется OID, в каждой такой таблице должно создаваться ограничение уникальности для столбца OID. Когда такое ограничение уникальности (или уникальный индекс) существует, система позаботится о том, чтобы OID новой строки не совпал с уже существующими. (Конечно, это возможно, только если в таблице меньше 2^{32} (4 миллиардов) строк, а на практике таблицы должны быть гораздо меньше, иначе может пострадать производительность системы.)
- Никогда не следует рассчитывать, что OID будут уникальны среди всех таблиц; в качестве глобального идентификатора в рамках базы данных используйте комбинацию `tableoid` и OID строки.
- Конечно, все эти таблицы должны быть созданы с указанием `WITH OIDS`. В PostgreSQL 8.1 и новее по умолчанию подразумевается `WITHOUT OIDS`.

Идентификаторы транзакций также являются 32-битными. В долгоживущей базе данных они могут пойти по кругу. Это не критично при правильном обслуживании БД; подробнее об этом см. Главу 24. Однако полагаться на уникальность кодов транзакций в течение длительного времени (при более чем миллиарде транзакций) не следует.

Идентификаторы команд также 32-битные. Это создаёт жёсткий лимит на 2^{32} (4 миллиарда) команд SQL в одной транзакции. На практике это не проблема — заметьте, что это лимит числа команд SQL, а не количества обрабатываемых строк. Кроме того, идентификатор получают только те команды, которые фактически изменяют содержимое базы данных.

5.5. Изменение таблиц

Если вы создали таблицы, а затем поняли, что допустили ошибку, или изменились требования вашего приложения, вы можете удалить её и создать заново. Но это будет неудобно, если таблица уже заполнена данными, или если на неё ссылаются другие объекты базы данных (например, по внешнему ключу). Поэтому PostgreSQL предоставляет набор команд для модификации таблиц. Заметьте, что это по сути отличается от изменения данных, содержащихся в таблице: здесь мы обсуждаем модификацию определения, или структуры, таблицы.

Вы можете:

- Добавлять столбцы
- Удалять столбцы
- Добавлять ограничения
- Удалять ограничения
- Изменять значения по умолчанию
- Изменять типы столбцов
- Переименовывать столбцы
- Переименовывать таблицы

Все эти действия выполняются с помощью команды `ALTER TABLE`; подробнее о ней вы можете узнать в её справке.

5.5.1. Добавление столбца

Добавить столбец вы можете так:

```
ALTER TABLE products ADD COLUMN description text;
```

Новый столбец заполняется заданным для него значением по умолчанию (или значением `NULL`, если вы не добавите указание `DEFAULT`).

При этом вы можете сразу определить ограничения столбца, используя обычный синтаксис:

```
ALTER TABLE products ADD COLUMN description text CHECK (description <> '');
```

На самом деле здесь можно использовать все конструкции, допустимые в определении столбца в команде `CREATE TABLE`. Помните однако, что значение по умолчанию должно удовлетворять данным ограничениям, чтобы операция `ADD` выполнялась успешно. Вы также можете сначала заполнить столбец правильно, а затем добавить ограничения (см. ниже).

Подсказка

Добавление столбца со значением по умолчанию приводит к изменению всех строк таблицы (в них будет сохранено новое значение). Однако, если значение по умолчанию не указано, PostgreSQL может обойтись без физического изменения. Поэтому, если вы планируете заполнить столбец в основном не значениями по умолчанию, лучше будет добавить столбец без значения по умолчанию, затем вставить требуемые значения с помощью `UPDATE`, а потом определить значение по умолчанию, как описано ниже.

5.5.2. Удаление столбца

Удалить столбец можно так:

```
ALTER TABLE products DROP COLUMN description;
```

Данные, которые были в этом столбце, исчезают. Вместе со столбцом удаляются и включающие его ограничения таблицы. Однако, если на столбец ссылается ограничение внешнего ключа другой таблицы, PostgreSQL не удалит это ограничение неявно. Разрешить удаление всех зависящих от этого столбца объектов можно, добавив указание `CASCADE`:

```
ALTER TABLE products DROP COLUMN description CASCADE;
```

Общий механизм, стоящий за этим, описывается в Разделе 5.13.

5.5.3. Добавление ограничения

Для добавления ограничения используется синтаксис ограничения таблицы. Например:

```
ALTER TABLE products ADD CHECK (name <> '');
ALTER TABLE products ADD CONSTRAINT some_name UNIQUE (product_no);
ALTER TABLE products ADD FOREIGN KEY (product_group_id)
REFERENCES product_groups;
```

Чтобы добавить ограничение `NOT NULL`, которое нельзя записать в виде ограничения таблицы, используйте такой синтаксис:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN product_no SET NOT NULL;
```

Ограничение проходит проверку автоматически и будет добавлено, только если ему удовлетворяют данные таблицы.

5.5.4. Удаление ограничения

Для удаления ограничения вы должны знать его имя. Если вы не присваивали ему имя, это неявно сделала система, и вы должны выяснить его. Здесь может быть полезна команда `psql \d имя_таблицы` (или другие программы, показывающие подробную информацию о таблицах). Зная имя, вы можете использовать команду:

```
ALTER TABLE products DROP CONSTRAINT some_name;
```

(Если вы имеете дело с именем ограничения вида `$2`, не забудьте заключить его в кавычки, чтобы это был допустимый идентификатор.)

Как и при удалении столбца, если вы хотите удалить ограничение с зависимыми объектами, добавьте указание `CASCADE`. Примером такой зависимости может быть ограничение внешнего ключа, связанное со столбцами ограничения первичного ключа.

Так можно удалить ограничения любых типов, кроме `NOT NULL`. Чтобы удалить ограничение `NOT NULL`, используйте команду:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN product_no DROP NOT NULL;
```

(Вспомните, что у ограничений `NOT NULL` нет имён.)

5.5.5. Изменение значения по умолчанию

Назначить столбцу новое значение по умолчанию можно так:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price SET DEFAULT 7.77;
```

Заметьте, что это никак не влияет на существующие строки таблицы, а просто задаёт значение по умолчанию для последующих команд `INSERT`.

Чтобы удалить значение по умолчанию, выполните:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price DROP DEFAULT;
```

При этом по сути значению по умолчанию просто присваивается `NULL`. Как следствие, ошибки не будет, если вы попытаетесь удалить значение по умолчанию, не определённое явно, так как неявно оно существует и равно `NULL`.

5.5.6. Изменение типа данных столбца

Чтобы преобразовать столбец в другой тип данных, используйте команду:

```
ALTER TABLE products ALTER COLUMN price TYPE numeric(10,2);
```

Она будет успешна, только если все существующие значения в столбце могут быть неявно приведены к новому типу. Если требуется более сложное преобразование, вы можете добавить указание `USING`, определяющее, как получить новые значения из старых.

PostgreSQL попытается также преобразовать к новому типу значение столбца по умолчанию (если оно определено) и все связанные с этим столбцом ограничения. Но преобразование может оказаться неправильным, и тогда вы получите неожиданные результаты. Поэтому обычно лучше удалить все ограничения столбца, перед тем как менять его тип, а затем воссоздать модифицированные должным образом ограничения.

5.5.7. Переименование столбца

Чтобы переименовать столбец, выполните:

```
ALTER TABLE products RENAME COLUMN product_no TO product_number;
```

5.5.8. Переименование таблицы

Таблицу можно переименовать так:

```
ALTER TABLE products RENAME TO items;
```

5.6. Права

Когда в базе данных создаётся объект, ему назначается владелец. Владелец обычно становится роль, с которой был выполнен оператор создания. Для большинства типов объектов в исходном состоянии только владелец (или суперпользователь) может делать с объектом всё, что угодно. Чтобы разрешить использовать его другим ролям, нужно дать им *права*.

Существует несколько типов прав: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES`, `TRIGGER`, `CREATE`, `CONNECT`, `TEMPORARY`, `EXECUTE` и `USAGE`. Набор прав, применимых к определённому объекту,

зависит от типа объекта (таблица, функция и т. д.) Полную информацию о различных типах прав, поддерживаемых PostgreSQL, вы найдете на странице справки GRANT. Вы также увидите, как применяются эти права, в следующих разделах и главах.

Неотъемлемое право изменять или удалять объект имеет только владелец объекта.

Объекту можно назначить нового владельца с помощью команды ALTER для соответствующего типа объекта, например ALTER TABLE. Суперпользователь может делать это без ограничений, а обычный пользователь, только если он является одновременно текущим владельцем объекта (или членом роли владельца) и членом новой роли.

Для назначения прав применяется команда GRANT. Например, если в базе данных есть роль joe и таблица accounts, право на изменение таблицы можно дать этой роли так:

```
GRANT UPDATE ON accounts TO joe;
```

Если вместо конкретного права написать ALL, роль получит все права, применимые для объекта этого типа.

Для назначения права всем ролям в системе можно использовать специальное имя «роли»: PUBLIC. Также для упрощения управления ролями, когда в базе данных есть множество пользователей, можно настроить «групповые» роли; подробнее об этом см. Главу 21.

Чтобы лишить пользователей прав, используйте команду REVOKE:

```
REVOKE ALL ON accounts FROM PUBLIC;
```

Особые права владельца объекта (то есть права на выполнение DROP, GRANT, REVOKE и т. д.) всегда неявно закреплены за владельцем и их нельзя назначить или отобрать. Но владелец объекта может лишить себя обычных прав, например, разрешить всем, включая себя, только чтение таблицы.

Обычно распоряжаться правами может только владелец объекта (или суперпользователь). Однако возможно дать право доступа к объекту «с правом передачи», что позволит получившему такое право назначать его другим. Если такое право передачи впоследствии будет отозвано, то все, кто получил данное право доступа (непосредственно или по цепочке передачи), потеряют его. Подробнее об этом см. справку GRANT и REVOKE.

5.7. Политики защиты строк

В дополнение к стандартной системе прав SQL, управляемой командой GRANT, на уровне таблиц можно определить *политики защиты строк*, ограничивающие для пользователей наборы строк, которые могут быть возвращены обычными запросами или добавлены, изменены и удалены командами, изменяющими данные. Это называется также *защитой на уровне строк* (RLS, Row-Level Security). По умолчанию таблицы не имеют политик, так что если система прав SQL разрешает пользователю доступ к таблице, все строки в ней одинаково доступны для чтения или изменения.

Когда для таблицы включается защита строк (с помощью команды ALTER TABLE ... ENABLE ROW LEVEL SECURITY), все обычные запросы к таблице на выборку или модификацию строк должны разрешаться политикой защиты строк. (Однако на владельца таблицы такие политики обычно не действуют.) Если политика для таблицы не определена, применяется политика запрета по умолчанию, так что никакие строки в этой таблице нельзя увидеть или модифицировать. На операции с таблицей в целом, такие как TRUNCATE и REFERENCES, защита строк не распространяется.

Политики защиты строк могут применяться к определённым командам и/или ролям. Политику можно определить как применяемую к командам ALL (всем), либо SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE. Кроме того, политику можно связать с несколькими ролями, при этом действуют обычные правила членства и наследования.

Чтобы определить, какие строки будут видимыми или могут изменяться в таблице, для политики задаётся выражение, возвращающее логический результат. Это выражение будет вычисляться для каждой строки перед другими условиями или функциями, поступающими из запроса пользователя. (Единственным исключением из этого правила являются герметичные функции, которые гаран-

тировано не допускают утечки информации; оптимизатор может решить выполнить эти функции до проверок защиты строк.) Строки, для которых это выражение возвращает не `true`, обрабатываться не будут. Чтобы независимо управлять набором строк, которые можно видеть, и набором строк, которые можно модифицировать, в политике можно задать отдельные выражения. Выражения политик обрабатываются в составе запроса с правами исполняющего его пользователя, но для обращения к данным, недоступным этому пользователю, в этих выражениях могут применяться функции, определяющие контекст безопасности.

Суперпользователи и роли с атрибутом `BYPASSRLS` всегда обращаются к таблице, минуя систему защиты строк. На владельца таблицы защита строк тоже не действует, хотя он может включить её для себя принудительно, выполнив команду `ALTER TABLE ... FORCE ROW LEVEL SECURITY`.

Неотъемлемое право включать или отключать защиту строк, а также определять политики для таблицы, имеет только её владелец.

Для создания политик предназначена команда `CREATE POLICY`, для изменения — `ALTER POLICY`, а для удаления — `DROP POLICY`. Чтобы включить или отключить защиту строк для определённой таблицы, воспользуйтесь командой `ALTER TABLE`.

Каждой политике назначается имя, при этом для одной таблицы можно определить несколько политик. Так как политики привязаны к таблицам, каждая политика для таблицы должна иметь уникальное имя. В разных таблицах политики могут иметь одинаковые имена.

Когда к определённому запросу применяются несколько политик, они объединяются либо логическим сложением (если политики разрешительные (по умолчанию)), либо умножением (если политики ограничительные). Это подобно тому, как некоторая роль получает права всех ролей, в которые она включена. Разрешительные и ограничительные политики рассматриваются ниже.

В качестве простого примера, создать политику для отношения `account`, позволяющую только членам роли `managers` обращаться к строкам отношения и при этом только к своим, можно так:

```
CREATE TABLE accounts (manager text, company text, contact_email text);
```

```
ALTER TABLE accounts ENABLE ROW LEVEL SECURITY;
```

```
CREATE POLICY account_managers ON accounts TO managers
    USING (manager = current_user);
```

Эта политика неявно подразумевает и предложение `WITH CHECK`, идентичное предложению `USING`, поэтому указанное ограничение применяется и к строкам, выбираемым командой (так что один менеджер не может выполнить `SELECT`, `UPDATE` или `DELETE` для существующих строк, принадлежащих другому), и к строкам, изменяемым командой (так что командами `INSERT` и `UPDATE` нельзя создать строки, принадлежащие другому менеджеру).

Если роль не задана, либо задано специальное имя пользователя `PUBLIC`, политика применяется ко всем пользователям в данной системе. Чтобы все пользователи могли обратиться только к собственной строке в таблице `users`, можно применить простую политику:

```
CREATE POLICY user_policy ON users
    USING (user_name = current_user);
```

Это работает подобно предыдущему примеру.

Чтобы определить для строк, добавляемых в таблицу, отдельную политику, отличную от политики, ограничивающей видимые строки, можно скомбинировать несколько политик. Следующая пара политик позволит всем пользователям видеть все строки в таблице `users`, но изменять только свою собственную:

```
CREATE POLICY user_sel_policy ON users
    FOR SELECT
    USING (true);
```

```
CREATE POLICY user_mod_policy ON users
    USING (user_name = current_user);
```

Для команды `SELECT` эти две политики объединяются операцией `OR`, так что в итоге это позволяет выбирать все строки. Для команд других типов применяется только вторая политика, и эффект тот же, что и раньше.

Защиту строк можно отключить так же командой `ALTER TABLE`. При отключении защиты, политики, определённые для таблицы, не удаляются, а просто игнорируются. В результате в таблице будут видны и могут модифицироваться все строки, с учётом ограничений стандартной системы прав SQL.

Ниже показан развёрнутый пример того, как этот механизм защиты можно применять в производственной среде. Таблица `passwd` имитирует файл паролей в Unix:

```
-- Простой пример на базе файла passwd
CREATE TABLE passwd (
    user_name          text UNIQUE NOT NULL,
    pwhash             text,
    uid               int  PRIMARY KEY,
    gid               int  NOT NULL,
    real_name         text NOT NULL,
    home_phone        text,
    extra_info        text,
    home_dir          text NOT NULL,
    shell             text NOT NULL
);

CREATE ROLE admin;  -- Администратор
CREATE ROLE bob;    -- Обычный пользователь
CREATE ROLE alice;  -- Обычный пользователь

-- Наполнение таблицы
INSERT INTO passwd VALUES
    ('admin', 'xxx', 0, 0, 'Admin', '111-222-3333', null, '/root', '/bin/dash');
INSERT INTO passwd VALUES
    ('bob', 'xxx', 1, 1, 'Bob', '123-456-7890', null, '/home/bob', '/bin/zsh');
INSERT INTO passwd VALUES
    ('alice', 'xxx', 2, 1, 'Alice', '098-765-4321', null, '/home/alice', '/bin/zsh');

-- Необходимо включить для этой таблицы защиту на уровне строк
ALTER TABLE passwd ENABLE ROW LEVEL SECURITY;

-- Создание политик
-- Администратор может видеть и добавлять любые строки
CREATE POLICY admin_all ON passwd TO admin USING (true) WITH CHECK (true);
-- Обычные пользователи могут видеть все строки
CREATE POLICY all_view ON passwd FOR SELECT USING (true);
-- Обычные пользователи могут изменять собственные данные, но
-- не могут задать произвольную оболочку входа
CREATE POLICY user_mod ON passwd FOR UPDATE
    USING (current_user = user_name)
    WITH CHECK (
        current_user = user_name AND
        shell IN ('/bin/bash', '/bin/sh', '/bin/dash', '/bin/zsh', '/bin/tcsh')
    );

-- Администраторы получают все обычные права
GRANT SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE ON passwd TO admin;
```

```
-- Пользователям разрешается чтение только общедоступных столбцов
GRANT SELECT
    (user_name, uid, gid, real_name, home_phone, extra_info, home_dir, shell)
    ON passwd TO public;
-- Пользователям разрешается изменение определённых столбцов
GRANT UPDATE
    (pwhash, real_name, home_phone, extra_info, shell)
    ON passwd TO public;
```

Как и любые средства защиты, важно проверить политики, и убедиться в том, что они работают ожидаемым образом. Применительно к предыдущему примеру, эти команды показывают, что система разрешений работает корректно.

```
-- Администратор может видеть все строки и поля
postgres=> set role admin;
SET
postgres=> table passwd;
 user_name | pwhash | uid | gid | real_name | home_phone | extra_info | home_dir | shell
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
admin      | xxx    | 0   | 0   | Admin     | 111-222-3333 |           | /root    | /bin/dash
bob        | xxx    | 1   | 1   | Bob       | 123-456-7890 |           | /home/bob | /bin/zsh
alice      | xxx    | 2   | 1   | Alice     | 098-765-4321 |           | /home/alice | /bin/zsh
(3 rows)
```

```
-- Проверим, что может делать Алиса
postgres=> set role alice;
SET
postgres=> table passwd;
ERROR: permission denied for relation passwd
postgres=> select user_name,real_name,home_phone,extra_info,home_dir,shell from passwd;
 user_name | real_name | home_phone | extra_info | home_dir | shell
-----+-----+-----+-----+-----+-----
admin      | Admin     | 111-222-3333 |           | /root    | /bin/dash
bob        | Bob       | 123-456-7890 |           | /home/bob | /bin/zsh
alice      | Alice     | 098-765-4321 |           | /home/alice | /bin/zsh
(3 rows)
```

```
postgres=> update passwd set user_name = 'joe';
ERROR: permission denied for relation passwd
-- Алиса может изменить своё имя (поле real_name), но не имя кого-либо другого
postgres=> update passwd set real_name = 'Alice Doe';
UPDATE 1
postgres=> update passwd set real_name = 'John Doe' where user_name = 'admin';
UPDATE 0
postgres=> update passwd set shell = '/bin/xx';
ERROR: new row violates WITH CHECK OPTION for "passwd"
postgres=> delete from passwd;
ERROR: permission denied for relation passwd
postgres=> insert into passwd (user_name) values ('xxx');
ERROR: permission denied for relation passwd
-- Алиса может изменить собственный пароль; попытки поменять другие пароли RLS просто игнорирует
postgres=> update passwd set pwhash = 'abc';
UPDATE 1
```


Все политики, создаваемые до этого, были разрешительными, что значит, что при применении нескольких политик они объединялись логическим оператором «ИЛИ». Хотя можно создать такие разрешительные политики, которые будут только разрешать доступ к строкам при определённых условиях, может быть проще скомбинировать разрешительные политики с ограничительными (которым должны удовлетворять записи и которые объединяются логическим оператором «И»). В развитие предыдущего примера мы добавим ограничительную политику, разрешающую администратору, подключённому через локальный сокет Unix, обращаться к записям таблицы `passwd`:

```
CREATE POLICY admin_local_only ON passwd AS RESTRICTIVE TO admin
    USING (pg_catalog.inet_client_addr() IS NULL);
```

Затем мы можем убедиться, что администратор, подключённый по сети, не увидит никаких записей, благодаря этой ограничительной политике:

```
=> SELECT current_user;
current_user
```

```
-----
admin
(1 row)
```

```
=> select inet_client_addr();
inet_client_addr
```

```
-----
127.0.0.1
(1 row)
```

```
=> SELECT current_user;
current_user
```

```
-----
admin
(1 row)
```

```
=> TABLE passwd;
user_name | pwhash | uid | gid | real_name | home_phone | extra_info | home_dir |
shell
```

```
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
+-----
(0 rows)
```

```
=> UPDATE passwd set pwhash = NULL;
UPDATE 0
```

На проверки ссылочной целостности, например, на ограничения уникальности и внешние ключи, защита строк никогда не распространяется, чтобы не нарушалась целостность данных. Поэтому организацию и политики защиты на уровне строк необходимо тщательно прорабатывать, чтобы не возникли «скрытые каналы» утечки информации через эти проверки.

В некоторых случаях важно, чтобы защита на уровне строк, наоборот, не действовала. Например, резервное копирование может оказаться провальным, если механизм защиты на уровне строк молча не даст скопировать какие-либо строки. В таком случае вы можете установить для параметра конфигурации `row_security` значение `off`. Это само по себе не отключит защиту строк; при этом просто будет выдана ошибка, если результаты запроса отфильтруются политикой, с тем чтобы можно было изучить причину ошибки и устранить её.

В приведённых выше примерах выражения политики учитывали только текущие значения в запрашиваемой или изменяемой строке. Это самый простой и наиболее эффективный по скорости вариант; по возможности реализацию защиты строк следует проектировать именно так. Если же для принятия решения о доступе необходимо обращаться к другим строкам или другим таблицам, это можно осуществить, применяя в выражениях политик вложенные `SELECT` или функции, содержащие `SELECT`. Однако учтите, что при такой реализации возможны условия гонки, что чревато

утечкой информации, если не принять меры предосторожности. Например, рассмотрим следующую конструкцию таблиц:

```
-- определение групп привилегий
CREATE TABLE groups (group_id int PRIMARY KEY,
                      group_name text NOT NULL);

INSERT INTO groups VALUES
  (1, 'low'),
  (2, 'medium'),
  (5, 'high');

GRANT ALL ON groups TO alice; -- alice является администратором
GRANT SELECT ON groups TO public;

-- определение уровней привилегий для пользователей
CREATE TABLE users (user_name text PRIMARY KEY,
                     group_id int NOT NULL REFERENCES groups);

INSERT INTO users VALUES
  ('alice', 5),
  ('bob', 2),
  ('mallory', 2);

GRANT ALL ON users TO alice;
GRANT SELECT ON users TO public;

-- таблица, содержащая защищаемую информацию
CREATE TABLE information (info text,
                           group_id int NOT NULL REFERENCES groups);

INSERT INTO information VALUES
  ('barely secret', 1),
  ('slightly secret', 2),
  ('very secret', 5);

ALTER TABLE information ENABLE ROW LEVEL SECURITY;

-- строка должна быть доступна для чтения/изменения пользователям с group_id,
-- большим или равным group_id данной строки
CREATE POLICY fp_s ON information FOR SELECT
  USING (group_id <= (SELECT group_id FROM users WHERE user_name = current_user));
CREATE POLICY fp_u ON information FOR UPDATE
  USING (group_id <= (SELECT group_id FROM users WHERE user_name = current_user));

-- мы защищаем таблицу с информацией, полагаясь только на RLS
GRANT ALL ON information TO public;

Теперь предположим, что Алиса (роль alice) желает записать «слегка секретную» информацию,
но при этом не хочет давать mallory доступ к ней. Она делает следующее:

BEGIN;
UPDATE users SET group_id = 1 WHERE user_name = 'mallory';
UPDATE information SET info = 'secret from mallory' WHERE group_id = 2;
COMMIT;
```

На первый взгляд всё нормально; mallory ни при каких условиях не должна увидеть строку «secret from mallory». Однако здесь возможно условие гонки. Если Мэллори (роль mallory) параллельно выполняет, скажем:

```
SELECT * FROM information WHERE group_id = 2 FOR UPDATE;
```

и её транзакция в режиме `READ COMMITTED`, она сможет увидеть «secret from mallory». Это произойдёт, если её транзакция дойдёт до строки `information` сразу после того, как эту строку изменит Алиса (роль `alice`). Она заблокируется, ожидая фиксации транзакции Алисы, а затем прочитает изменённое содержимое строки благодаря предложению `FOR UPDATE`. Однако при этом изменённое содержимое `users` не будет прочитано неявным запросом `SELECT`, так как этот вложенный `SELECT` выполняется без указания `FOR UPDATE`; вместо этого строка `users` читается из снимка, полученного в начале запроса. Таким образом, выражение политики проверяет старое значение уровня привилегий пользователя `mallory` и позволяет ей видеть изменённую строку.

Обойти эту проблему можно несколькими способами. Первое простое решение заключается в использовании `SELECT ... FOR SHARE` во вложенных запросах `SELECT` в политиках защиты строк. Однако для этого потребуются давать затронутым пользователям право `UPDATE` в целевой таблице (здесь `users`), что может быть нежелательно. (Хотя можно применить ещё одну политику защиты строк, чтобы они не могли практически воспользоваться этим правилом; либо поместить вложенный `SELECT` в функцию, определяющую контекст безопасности.) Кроме этого, активное использование блокировок строк в целевой таблице может повлечь проблемы с производительностью, особенно при частых изменениях. Другое решение, практичное, если целевая таблица изменяется нечасто, заключается в исключительной блокировке целевой таблицы при изменении, чтобы никакие параллельные транзакции не видели старые значения строк. Либо можно просто дождаться завершения всех параллельных транзакций после изменения в целевой таблице, прежде чем вносить изменения, рассчитанные на новые условия безопасности.

За дополнительными подробностями обратитесь к `CREATE POLICY` и `ALTER TABLE`.

5.8. Схемы

Кластер баз данных PostgreSQL содержит один или несколько именованных экземпляров баз. На уровне кластера создаются пользователи и группы, но данные могут относиться только к базам данных. При этом в рамках одного подключения к серверу можно обращаться к данным только одной базы данных, указанной при установлении соединения.

Примечание

Пользователи кластера не обязательно будут иметь доступ ко всем базам данных этого кластера. То, что пользователи создаются на уровне кластера, означает только, что в нём не может быть двух пользователей `joe` в разных базах данных, хотя система позволяет ограничить доступ `joe` только некоторыми базами данных.

База данных содержит одну или несколько именованных схем, которые в свою очередь содержат таблицы. Схемы также содержат именованные объекты других видов, включая типы данных, функции и операторы. Одно и то же имя объекта можно свободно использовать в разных схемах, например `schema1`, и `myschema` могут содержать таблицы с именем `mytable`. В отличие от баз данных, схемы не ограничивают доступ к данным: пользователи могут обращаться к объектам в любой схеме текущей базы данных, если им назначены соответствующие права.

Есть несколько возможных объяснений, для чего стоит применять схемы:

- Чтобы одну базу данных могли использовать несколько пользователей, независимо друг от друга.
- Чтобы объединить объекты базы данных в логические группы для облегчения управления ими.
- Чтобы в одной базе сосуществовали разные приложения, и при этом не возникало конфликтов имён.

Схемы в некотором смысле подобны каталогам в операционной системе, но они не могут быть вложенными.

5.8.1. Создание схемы

Для создания схемы используется команда CREATE SCHEMA. При этом вы определяете имя схемы по своему выбору, например так:

```
CREATE SCHEMA myschema;
```

Чтобы создать объекты в схеме или обратиться к ним, указывайте *полное имя*, состоящее из имён схемы и объекта, разделённых точкой:

схема.таблица

Этот синтаксис работает везде, где ожидается имя таблицы, включая команды модификации таблицы и команды обработки данных, обсуждаемые в следующих главах. (Для краткости мы будем говорить только о таблицах, но всё это распространяется и на другие типы именованных объектов, например, типы и функции.)

Есть ещё более общий синтаксис

база_данных.схема.таблица

но в настоящее время он поддерживается только для формального соответствия стандарту SQL. Если вы указываете базу данных, это может быть только база данных, к которой вы подключены.

Таким образом, создать таблицу в новой схеме можно так:

```
CREATE TABLE myschema.mytable (
    ...
);
```

Чтобы удалить пустую схему (не содержащую объектов), выполните:

```
DROP SCHEMA myschema;
```

Удалить схему со всеми содержащимися в ней объектами можно так:

```
DROP SCHEMA myschema CASCADE;
```

Стоящий за этим общий механизм описан в Разделе 5.13.

Часто бывает нужно создать схему, владельцем которой будет другой пользователь (это один из способов ограничения пользователей пространствами имён). Сделать это можно так:

```
CREATE SCHEMA имя_схемы AUTHORIZATION имя_пользователя;
```

Вы даже можете опустить имя схемы, в этом случае именем схемы станет имя пользователя. Как это можно применять, описано в Подразделе 5.8.6.

Схемы с именами, начинающимися с pg_, являются системными; пользователям не разрешено использовать такие имена.

5.8.2. Схема public

До этого мы создавали таблицы, не указывая никакие имена схем. По умолчанию такие таблицы (и другие объекты) автоматически помещаются в схему «public». Она содержится во всех создаваемых базах данных. Таким образом, команда:

```
CREATE TABLE products ( ... );
```

эквивалентна:

```
CREATE TABLE public.products ( ... );
```

5.8.3. Путь поиска схемы

Везде писать полные имена утомительно, и часто всё равно лучше не привязывать приложения к конкретной схеме. Поэтому к таблицам обычно обращаются по *неполному имени*, состоящему просто из имени таблицы. Система определяет, какая именно таблица подразумевается, исполь-

зую *путь поиска*, который представляет собой список просматриваемых схем. Подразумеваемой таблицей считается первая подходящая таблица, найденная в схемах пути. Если подходящая таблица не найдена, возникает ошибка, даже если таблица с таким именем есть в других схемах базы данных.

Возможность создавать одноимённые объекты в разных схемах усложняет написание запросов, которые должны всегда обращаться к конкретным объектам. Это также потенциально позволяет пользователям влиять на поведение запросов других пользователей, злонамеренно или случайно. Ввиду преобладания неполных имён в запросах и их использования внутри PostgreSQL, добавить схему в `search_path` — по сути значит доверять всем пользователям, имеющим право `CREATE` в этой схеме. Когда вы выполняете обычный запрос, злонамеренный пользователь может создать объекты в схеме, включённой в ваш путь поиска, и таким образом перехватывать управление и выполнять произвольные функции SQL как если бы их выполняли вы.

Первая схема в пути поиска называется текущей. Эта схема будет использоваться не только при поиске, но и при создании объектов — она будет включать таблицы, созданные командой `CREATE TABLE` без указания схемы.

Чтобы узнать текущий тип поиска, выполните следующую команду:

```
SHOW search_path;
```

В конфигурации по умолчанию она возвращает:

```
search_path
-----
"$user", public
```

Первый элемент ссылается на схему с именем текущего пользователя. Если такой схемы не существует, ссылка на неё игнорируется. Второй элемент ссылается на схему `public`, которую мы уже видели.

Первая существующая схема в пути поиска также считается схемой по умолчанию для новых объектов. Именно поэтому по умолчанию объекты создаются в схеме `public`. При указании неполной ссылки на объект в любом контексте (при модификации таблиц, изменении данных или в запросах) система просматривает путь поиска, пока не найдёт соответствующий объект. Таким образом, в конфигурации по умолчанию неполные имена могут относиться только к объектам в схеме `public`.

Чтобы добавить в путь нашу новую схему, мы выполняем:

```
SET search_path TO myschema, public;
```

(Мы опускаем компонент `$user`, так как здесь в нём нет необходимости.) Теперь мы можем обращаться к таблице без указания схемы:

```
DROP TABLE mytable;
```

И так как `myschema` — первый элемент в пути, новые объекты будут по умолчанию создаваться в этой схеме.

Мы можем также написать:

```
SET search_path TO myschema;
```

Тогда мы больше не сможем обращаться к схеме `public`, не написав полное имя объекта. Единственное, что отличает схему `public` от других, это то, что она существует по умолчанию, хотя её так же можно удалить.

В Разделе 9.25 вы узнаете, как ещё можно манипулировать путём поиска схем.

Как и для имён таблиц, путь поиска аналогично работает для имён типов данных, имён функций и имён операторов. Имена типов данных и функций можно записать в полном виде так же, как и имена таблиц. Если же вам нужно использовать в выражении полное имя оператора, для этого есть специальный способ — вы должны написать:

`OPERATOR (схема.оператор)`

Такая запись необходима для избежания синтаксической неоднозначности. Пример такого выражения:

```
SELECT 3 OPERATOR(pg_catalog.+) 4;
```

На практике пользователи часто полагаются на путь поиска, чтобы не приходилось писать такие замысловатые конструкции.

5.8.4. Схемы и права

По умолчанию пользователь не может обращаться к объектам в чужих схемах. Чтобы изменить это, владелец схемы должен дать пользователю право `USAGE` для данной схемы. Чтобы пользователи могли использовать объекты схемы, может понадобиться назначить дополнительные права на уровне объектов.

Пользователю также можно разрешить создавать объекты в схеме, не принадлежащей ему. Для этого ему нужно дать право `CREATE` в требуемой схеме. Заметьте, что по умолчанию все имеют права `CREATE` и `USAGE` в схеме `public`. Благодаря этому все пользователи могут подключаться к заданной базе данных и создавать объекты в её схеме `public`. Некоторые шаблоны использования требуют запретить это:

```
REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC;
```

(Первое слово «`public`» обозначает схему, а второе означает «каждый пользователь». В первом случае это идентификатор, а во втором — ключевое слово, поэтому они написаны в разном регистре; вспомните указания из Подраздела 4.1.1.)

5.8.5. Схема системного каталога

В дополнение к схеме `public` и схемам, создаваемым пользователями, любая база данных содержит схему `pg_catalog`, в которой находятся системные таблицы и все встроенные типы данных, функции и операторы. `pg_catalog` фактически всегда является частью пути поиска. Если даже эта схема не добавлена в путь явно, она неявно просматривается до всех схем, указанных в пути. Так обеспечивается доступность встроенных имён при любых условиях. Однако вы можете явным образом поместить `pg_catalog` в конец пути поиска, если вам нужно, чтобы пользовательские имена переопределяли встроенные.

Так как имена системных таблиц начинаются с `pg_`, такие имена лучше не использовать во избежание конфликта имён, возможного при появлении в будущем системной таблицы с тем же именем, что и ваша. (С путём поиска по умолчанию неполная ссылка будет воспринята как обращение к системной таблице.) Системные таблицы будут и дальше содержать в имени приставку `pg_`, так что они не будут конфликтовать с неполными именами пользовательских таблиц, если пользователи со своей стороны не будут использовать приставку `pg_`.

5.8.6. Шаблоны использования

Схемам можно найти множество применений. Хотя есть несколько шаблонов использования, легко поддерживаемых стандартной конфигурацией, только один из них достаточно безопасен, когда одни пользователи базы данных не доверяют другим:

- Ограничить обычных пользователей личными схемами. Для реализации этого подхода выполните `REVOKE CREATE ON SCHEMA public FROM PUBLIC` и создайте для каждого пользователя схему с его именем. Если затрагиваемые пользователи подключались к базе ранее, проведите аудит схемы на предмет наличия таких же имён, как в схеме `pg_catalog`. Вспомните, что путь поиска по умолчанию начинается со значения `$user`, которое разрешается в имя пользователя. Таким образом, если у всех пользователей будет отдельная схема, они по умолчанию будут обращаться к собственным схемам.
- Удалить схему `public` из пути поиска по умолчанию для каждого пользователя с помощью команды `ALTER ROLE пользователь SET search_path = "$user"`. Все сохраняют возможность создавать объекты в общедоступной схеме, но обращаться к ним будут только по полным име-

нам. Хотя обращение к таблицам по полным именам вполне безопасно, вызовы функций в схеме `public` будут небезопасными или ненадёжными. Кроме того, пользователь, имеющий право `CREATEROLE`, может отменить это назначение и выполнять произвольные запросы от имени пользователей, полагающихся на этот путь. Если вы создаёте функции или расширения в схеме `public` или даёте пользователям право `CREATEROLE`, но не хотите, чтобы они стали практически суперпользователями, вам нужно использовать первый шаблон.

- Удалить схему `public` из пути поиска `search_path` в `postgresql.conf`. Это будет иметь такое же влияние на пользователей, что и предыдущий шаблон. В дополнение к его особенностям относительно функций и права `CREATEROLE`, данный шаблон подразумевает также доверие к владельцам баз данных, как к имеющим право `CREATEROLE`. Если вы создаёте функции или расширения в схеме `public`, даёте пользователям права `CREATEROLE`, `CREATEDB` или делаете их владельцами отдельных баз данных, но не хотите, чтобы они стали практически суперпользователями, вам нужно использовать первый шаблон.
- Сохранить поведение по умолчанию. Все пользователи неявно обращаются к схеме `public`. Тем самым имитируется ситуация с полным отсутствием схем, что позволяет осуществить плавный переход из среды без схем. Однако при этом любой пользователь может выполнять произвольные запросы от имени любого пользователя, который не позаботится о своей защите специально. Этот шаблон подходит, только если в базе данных имеется всего один или несколько взаимно доверяющих пользователей.

При любом подходе, устанавливая совместно используемые приложения (таблицы, которые нужны всем, дополнительные функции сторонних разработчиков и т. д.), помещайте их в отдельные схемы. Не забудьте дать другим пользователям права для доступа к этим схемам. Тогда пользователи смогут обращаться к этим дополнительным объектам по полному имени или при желании добавят эти схемы в свои пути поиска.

5.8.7. Переносимость

Стандарт SQL не поддерживает обращение в одной схеме к разным объектам, принадлежащим разным пользователям. Более того, в ряде реализаций СУБД нельзя создавать схемы с именем, отличным от имени владельца. На практике, в СУБД, реализующих только базовую поддержку схем согласно стандарту, концепции пользователя и схемы очень близки. Таким образом, многие пользователи полагают, что полное имя на самом деле образуется как `имя_пользователя.имя_таблицы`. И именно так будет вести себя PostgreSQL, если вы создадите схемы для каждого пользователя.

В стандарте SQL нет и понятия схемы `public`. Для максимального соответствия стандарту использовать схему `public` не следует.

Конечно, есть СУБД, в которых вообще не реализованы схемы или пространства имён поддерживают (возможно, с ограничениями) обращения к другим базам данных. Если вам потребуется работать с этими системами, максимальной переносимости вы достигнете, вообще не используя схемы.

5.9. Наследование

PostgreSQL реализует наследование таблиц, что может быть полезно для проектировщиков баз данных. (Стандарт SQL:1999 и более поздние версии определяют возможность наследования типов, но это во многом отличается от того, что описано здесь.)

Давайте начнём со следующего примера: предположим, что мы создаём модель данных для городов. В каждом штате есть множество городов, но лишь одна столица. Мы хотим иметь возможность быстро получать город-столицу для любого штата. Это можно сделать, создав две таблицы: одну для столиц штатов, а другую для городов, не являющихся столицами. Однако, что делать, если нам нужно получить информацию о любом городе, будь то столица штата или нет? В решении этой проблемы может помочь наследование. Мы определим таблицу `capitals` как наследника `cities`:

```
CREATE TABLE cities (
    name          text,
    population     float,
    altitude       int    -- в футах
```

```
);

CREATE TABLE capitals (
    state          char(2)
) INHERITS (cities);
```

В этом случае таблица `capitals` *наследует* все столбцы своей родительской таблицы, `cities`. Столицы штатов также имеют дополнительный столбец `state`, в котором будет указан штат.

В PostgreSQL таблица может наследоваться от нуля или нескольких других таблиц, а запросы могут выбирать все строки родительской таблицы или все строки родительской и всех дочерних таблиц. По умолчанию принят последний вариант. Например, следующий запрос найдёт названия всех городов, включая столицы штатов, расположенных выше 500 футов:

```
SELECT name, altitude
FROM cities
WHERE altitude > 500;
```

Для данных из введения (см. Раздел 2.1) он выдаст:

name	altitude
Las Vegas	2174
Mariposa	1953
Madison	845

А следующий запрос находит все города, которые не являются столицами штатов, но также находятся на высоте выше 500 футов:

```
SELECT name, altitude
FROM ONLY cities
WHERE altitude > 500;
```

name	altitude
Las Vegas	2174
Mariposa	1953

Здесь ключевое слово `ONLY` указывает, что запрос должен применяться только к таблице `cities`, но не к таблицам, расположенным ниже `cities` в иерархии наследования. Многие операторы, которые мы уже обсудили, — `SELECT`, `UPDATE` и `DELETE` — поддерживают ключевое слово `ONLY`.

Вы также можете добавить после имени таблицы `*`, чтобы явно указать, что должны включаться и дочерние таблицы:

```
SELECT name, altitude
FROM cities*
WHERE altitude > 500;
```

Указывать `*` не обязательно, так как теперь это поведение всегда подразумевается по умолчанию. Однако такая запись всё ещё поддерживается для совместимости со старыми версиями, где поведение по умолчанию могло быть изменено.

В некоторых ситуациях бывает необходимо узнать, из какой таблицы выбрана конкретная строка. Для этого вы можете воспользоваться системным столбцом `tableoid`, присутствующим в каждой таблице:

```
SELECT c.tableoid, c.name, c.altitude
FROM cities c
WHERE c.altitude > 500;
```

этот запрос выдаст:

tableoid	name	altitude


```
-----+-----+-----
139793 | Las Vegas |      2174
139793 | Mariposa  |      1953
139798 | Madison   |       845
```

(Если вы попытаетесь выполнить его у себя, скорее всего вы получите другие значения OID.) Собственно имена таблиц вы можете получить, обратившись к `pg_class`:

```
SELECT p.relname, c.name, c.altitude
FROM cities c, pg_class p
WHERE c.altitude > 500 AND c.tableoid = p.oid;
```

в результате вы получите:

```
relname | name      | altitude
-----+-----+-----
cities   | Las Vegas |      2174
cities   | Mariposa  |      1953
capitals | Madison   |       845
```

Тот же эффект можно получить другим способом, используя альтернативный тип `regclass`; при этом OID таблицы выводится в символьном виде:

```
SELECT c.tableoid::regclass, c.name, c.altitude
FROM cities c
WHERE c.altitude > 500;
```

Механизм наследования не способен автоматически распределять данные команд `INSERT` или `COPY` по таблицам в иерархии наследования. Поэтому в нашем примере этот оператор `INSERT` не выполнится:

```
INSERT INTO cities (name, population, altitude, state)
VALUES ('Albany', NULL, NULL, 'NY');
```

Мы могли надеяться на то, что данные каким-то образом попадут в таблицу `capitals`, но этого не происходит: `INSERT` всегда вставляет данные непосредственно в указанную таблицу. В некоторых случаях добавляемые данные можно перенаправлять, используя правила (см. Главу 41). Однако в нашем случае это не поможет, так как таблица `cities` не содержит столбца `state` и команда будет отвергнута до применения правила.

Дочерние таблицы автоматически наследуют от родительской таблицы ограничения-проверки и ограничения `NOT NULL` (если только для них не задано явно `NO INHERIT`). Все остальные ограничения (уникальности, первичный ключ и внешние ключи) не наследуются.

Таблица может наследоваться от нескольких родительских таблиц, в этом случае она будет объединять в себе все столбцы этих таблиц, а также столбцы, описанные непосредственно в её определении. Если в определениях родительских и дочерней таблиц встретятся столбцы с одним именем, эти столбцы будут «объединены», так что в дочерней таблице окажется только один столбец. Чтобы такое объединение было возможно, столбцы должны иметь одинаковый тип данных, в противном случае произойдёт ошибка. Наследуемые ограничения-проверки и ограничения `NOT NULL` объединяются подобным образом. Так, например, объединяемый столбец получит свойство `NOT NULL`, если какое-либо из порождающих его определений имеет свойство `NOT NULL`. Ограничения-проверки объединяются, если они имеют одинаковые имена; но если их условия различаются, происходит ошибка.

Отношение наследования между таблицами обычно устанавливается при создании дочерней таблицы с использованием предложения `INHERITS` оператора `CREATE TABLE`. Другой способ добавить такое отношение для таблицы, определённой подходящим образом — использовать `INHERIT` с оператором `ALTER TABLE`. Для этого будущая дочерняя таблица должна уже включать те же столбцы (с совпадающими именами и типами), что и родительская таблица. Также она должна включать аналогичные ограничения-проверки (с теми же именами и выражениями). Удалить отношение наследования можно с помощью указания `NO INHERIT` оператора `ALTER TABLE`. Динамическое добав-

ление и удаление отношений наследования может быть полезно при реализации секционирования таблиц (см. Раздел 5.10).

Для создания таблицы, которая затем может стать наследником другой, удобно воспользоваться предложением `LIKE` оператора `CREATE TABLE`. Такая команда создаст новую таблицу с теми же столбцами, что имеются в исходной. Если в исходной таблице определены ограничения `CHECK`, для создания полностью совместимой таблицы их тоже нужно скопировать, и это можно сделать, добавив к предложению `LIKE` параметр `INCLUDING CONSTRAINTS`.

Родительскую таблицу нельзя удалить, пока существуют унаследованные от неё. При этом в дочерних таблицах нельзя удалять или модифицировать столбцы или ограничения-проверки, унаследованные от родительских таблиц. Если вы хотите удалить таблицу вместе со всеми её потомками, это легко сделать, добавив в команду удаления родительской таблицы параметр `CASCADE` (см. Раздел 5.13).

При изменениях определений и ограничений столбцов команда `ALTER TABLE` распространяет эти изменения вниз в иерархии наследования. Однако удалить столбцы, унаследованные дочерними таблицами, можно только с помощью параметра `CASCADE`. При создании отношений наследования команда `ALTER TABLE` следует тем же правилам объединения дублирующихся столбцов, что и `CREATE TABLE`.

В запросах с наследуемыми таблицами проверка прав доступа выполняется только в родительской таблице. Так, например, наличие разрешения `UPDATE` для таблицы `cities` подразумевает право на изменение строк также в таблице `capitals`, когда к ним происходит обращение через таблицу `cities`. Это сохраняет видимость того, что эти данные (также) находятся в родительской таблице. Но изменить таблицу `capitals` напрямую без дополнительного разрешения нельзя. Подобным образом, политики безопасности на уровне строк (см. Раздел 5.7) для родительской таблицы применяются к строкам, получаемым из дочерних таблиц при выполнении запроса с наследованием. Политики же дочерних таблиц, если они определены, действуют только когда такие таблицы явно задействуются в запросе; в этом случае все политики, связанные с родительскими таблицами, игнорируются.

Сторонние таблицы (см. Раздел 5.11) могут также входить в иерархию наследования как родительские или дочерние таблицы, так же, как и обычные. Если в иерархию наследования входит сторонняя таблица, все операции, не поддерживаемые ей, не будут поддерживаться иерархией в целом.

5.9.1. Ограничения

Заметьте, что не все SQL-команды могут работать с иерархиями наследования. Команды, выполняющие выборку данных, изменение данных или модификацию схемы (например `SELECT`, `UPDATE`, `DELETE`, большинство вариантов `ALTER TABLE`, но не `INSERT` и `ALTER TABLE ... RENAME`), обычно по умолчанию обрабатывают данные дочерних таблиц и могут исключать их, если поддерживают указание `ONLY`. Команды для обслуживания и настройки базы данных (например `REINDEX` и `VACUUM`) обычно работают только с отдельными физическими таблицами и не поддерживают рекурсивную обработку отношений наследования. Соответствующее поведение каждой команды описано в её справке (Команды SQL).

Возможности наследования серьёзно ограничены тем, что индексы (включая ограничения уникальности) и ограничения внешних ключей относятся только к отдельным таблицам, но не к их потомкам. Это касается обеих сторон ограничений внешних ключей. Таким образом, применительно к нашему примеру:

- Если мы объявим `cities.name` с ограничением `UNIQUE` или `PRIMARY KEY`, это не помешает добавить в таблицу `capitals` строки с названиями городов, уже существующими в таблице `cities`. И эти дублирующиеся строки по умолчанию будут выводиться в результате запросов к `cities`. На деле таблица `capitals` по умолчанию вообще не будет содержать ограничение уникальности, так что в ней могут оказаться несколько строк с одним названием. Хотя вы можете добавить в `capitals` соответствующее ограничение, но это не предотвратит дублирование при объединении с `cities`.

- Подобным образом, если мы укажем, что `cities.name` ссылается (`REFERENCES`) на какую-то другую таблицу, это ограничение не будет автоматически распространено на `capitals`. В этом случае решением может стать явное добавление такого же ограничения `REFERENCES` в таблицу `capitals`.
- Если вы сделаете, чтобы столбец другой таблицы ссылался на `cities(name)`, в этом столбце можно будет указывать только названия городов, но не столиц. В этом случае хорошего решения нет.

Возможно, в будущем эти недостатки будут исправлены, но в настоящее время вам следует тщательно взвесить все за и против, прежде чем использовать наследование в своих приложениях.

5.10. Секционирование таблиц

PostgreSQL поддерживает простое секционирование таблиц. В этом разделе описывается, как и почему бывает полезно применять секционирование при проектировании баз данных.

5.10.1. Обзор

Секционированием данных называется разбиение одной большой логической таблицы на несколько меньших физических секций. Секционирование может принести следующую пользу:

- В определённых ситуациях оно кардинально увеличивает быстродействие, особенно когда большой процент часто запрашиваемых строк таблицы относится к одной или лишь нескольким секциям. Секционирование может сыграть роль ведущих столбцов в индексах, что позволит уменьшить размер индекса и увеличит вероятность нахождения наиболее востребованных частей индексов в памяти.
- Когда в выборке или изменении данных задействована большая часть одной секции, последовательное сканирование этой секции может выполняться гораздо быстрее, чем случайный доступ по индексу к данным, разбросанным по всей таблице.
- Массовую загрузку и удаление данных можно осуществлять, добавляя и удаляя секции, если это было предусмотрено при проектировании секционированных таблиц. Операция `ALTER TABLE DETACH PARTITION` или удаление отдельной секции с помощью команды `DROP TABLE` выполняются гораздо быстрее, чем массовая обработка. Эти команды также полностью исключают накладные расходы, связанные с выполнением `VACUUM` после `DELETE`.
- Редко используемые данные можно перенести на более дешёвые и медленные носители.

Всё это обычно полезно только для очень больших таблиц. Какие именно таблицы выиграют от секционирования, зависит от конкретного приложения, хотя, как правило, это следует применять для таблиц, размер которых превышает объём ОЗУ сервера.

PostgreSQL предлагает поддержку следующих видов секционирования:

Секционирование по диапазонам

Таблица секционируется по «диапазонам», определённым по ключевому столбцу или набору столбцов, и не пересекающимся друг с другом. Например, можно секционировать данные по диапазонам дат или по диапазонам идентификаторов определённых бизнес-объектов.

Секционирование по списку

Таблица секционируется с помощью списка, явно указывающего, какие значения ключа должны относиться к каждой секции.

Секционирование по хешу

Таблица секционируется по определённым модулям и остаткам, которые указываются для каждой секции. Каждая секция содержит строки, для которых хеш-значение ключа разбиения, делённое на модуль, равняется заданному остатку.

Если вашему приложению требуются другие формы секционирования, можно также прибегнуть к альтернативным реализациям, с использованием наследования и представлений с `UNION ALL`.

Такие подходы дают гибкость, но не дают такого выигрыша в производительности, как встроенное декларативное секционирование.

5.10.2. Декларативное секционирование

PostgreSQL предоставляет возможность указать, как разбить таблицу на части, называемые секциями. Разделённая таким способом таблица называется *секционированной таблицей*. Указание секционирования состоит из определения *метода секционирования* и списка столбцов или выражений, которые будут составлять *ключ разбиения*.

Все строки, вставляемые в секционированную таблицу, будут направляться в одну из *секций* в зависимости от значения ключа разбиения. В каждой секции содержится подмножество данных, определяемое *границами секции*. В настоящее время поддерживается секционирование по диапазонам, по списку и по хешу.

Сами секции могут представлять собой секционируемые таблицы, благодаря применению так называемого *вложенного секционирования*. В каждой секции могут быть определены свои индексы, ограничения и значения по умолчанию, отличные от других секций. Подробнее о создании секционированных таблиц и секций рассказывается в описании CREATE TABLE.

Преобразовать обычную таблицу в секционированную и наоборот нельзя. Однако в секционированную таблицу можно добавить в качестве секции обычную или секционированную таблицу с данными, а также можно удалить секцию из секционированной таблицы и превратить её в отдельную таблицу; обратитесь к описанию ALTER TABLE, чтобы узнать больше о подкомандах ATTACH PARTITION и DETACH PARTITION.

За кулисами отдельные секции связываются с секционируемой таблицей средствами наследования; однако с секционированными таблицами и секциями нельзя использовать некоторые общие возможности наследования, описанные ниже. Например, секция не может иметь никаких других родителей, кроме секционированной таблицы, к которой она присоединена, так же как обычная таблица не может наследоваться от секционированной таблицы. Это означает, что секционированные таблицы и их секции не совмещаются в иерархии наследования с обычными таблицами. Но так как иерархия наследования, включающая секционированную таблицу и её секции, остаётся иерархией наследования, на неё распространяются все обычные правила наследования, описанные в Раздел 5.9, с некоторыми исключениями. А именно:

- Ограничения CHECK вместе с NOT NULL, определённые в секционированной таблице, всегда наследуются всеми её секциями. Ограничения CHECK с характеристикой NO INHERIT в секционированных таблицах создавать нельзя.
- Использование указания ONLY при добавлении или удалении ограничения только в секционированной таблице поддерживается лишь когда в ней нет секций. Если секции существуют, при попытке использования ONLY возникнет ошибка, так как добавление или удаление ограничений только в секционированной таблице при наличии секций не поддерживается. С другой стороны, ограничения можно добавлять или удалять непосредственно в секциях (если они отсутствуют в родительской таблице).
- Так как секционированная таблица сама по себе не содержит данные, использование TRUNCATE ONLY для секционированной таблицы всегда будет считаться ошибкой.
- В секциях не может быть столбцов, отсутствующих в родительской таблице. Такие столбцы невозможно определить ни при создании секций командой CREATE TABLE, ни путём последующего добавления в секции командой ALTER TABLE. Таблицы могут быть подключены в качестве секций командой ALTER TABLE ... ATTACH PARTITION, только если их столбцы в точности соответствуют родительской таблице, включая столбец oid (если он есть).
- Ограничение NOT NULL для столбца в секции нельзя удалить, если это ограничение существует в родительской таблице.

Секции также могут быть сторонними таблицами, хотя при этом накладываются некоторые ограничения, отсутствующие с обычными таблицами; за подробностями обратитесь к описанию CREATE FOREIGN TABLE.

Изменение ключа разбиения в строке может привести к перемещению её в другую секцию, ограничению которой соответствует изменённая строка.

5.10.2.1. Пример

Предположим, что мы создаём базу данных для большой компании, торгующей мороженым. Компания учитывает максимальную температуру и продажи мороженого каждый день в разрезе регионов. По сути нам нужна следующая таблица:

```
CREATE TABLE measurement (
    city_id          int not null,
    logdate          date not null,
    peaktemp        int,
    unitsales       int
);
```

Мы знаем, что большинство запросов будут работать только с данными за последнюю неделю, месяц или квартал, так как в основном эта таблица нужна для формирования текущих отчётов для руководства. Чтобы сократить объём хранящихся старых данных, мы решили оставлять данные только за 3 последних года. Ненужные данные мы будем удалять в начале каждого месяца. В этой ситуации мы можем использовать секционирование для удовлетворения всех наших требований к таблице показателей.

Чтобы использовать декларативное секционирование в этом случае, выполните следующее:

1. Создайте таблицу `measurement` как секционированную таблицу с предложением `PARTITION BY`, указав метод разбиения (в нашем случае `RANGE`) и список столбцов, которые будут образовывать ключ разбиения.

```
CREATE TABLE measurement (
    city_id          int not null,
    logdate          date not null,
    peaktemp        int,
    unitsales       int
) PARTITION BY RANGE (logdate);
```

При разбиении по диапазонам в качестве ключа разбиения при желании можно использовать набор из нескольких столбцов. Конечно, при этом скорее всего увеличится количество секций, и каждая из них будет меньше. И напротив, использование меньшего числа столбцов может привести к менее дробному критерию разбиения с меньшим числом секций. Запрос, обращающийся к секционированной таблице, будет сканировать меньше секций, если в условии поиска фигурируют некоторые или все эти столбцы. Например, в таблице, секционируемой по диапазонам, в качестве ключа разбиения можно выбрать столбцы `lastname` и `firstname` (в таком порядке).

2. Создайте секции. В определении каждой секции должны задаваться границы, соответствующие методу и ключу разбиения родительской таблицы. Заметьте, что указание границ, при котором множество значений новой секции пересекается со множеством значений в одной или нескольких существующих секциях, будет ошибочным. При попытке добавления в родительскую таблицу данных, которые не соответствуют ни одной из существующей секций, произойдёт ошибка; соответствующий раздел нужно добавлять вручную.

Секции, создаваемые таким образом, во всех отношениях являются обычными таблицами PostgreSQL (или, возможно, сторонними таблицами). В частности, для каждой секции можно независимо задать табличное пространство и параметры хранения.

Для таблиц-секций нет необходимости определять ограничения с условиями, задающими границы значений. Нужные ограничения секций выводятся неявно из определения границ секции, когда требуется к ним обратиться.

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 PARTITION OF measurement
    FOR VALUES FROM ('2006-02-01') TO ('2006-03-01');
```

```
CREATE TABLE measurement_y2006m03 PARTITION OF measurement
```

```
FOR VALUES FROM ('2006-03-01') TO ('2006-04-01');

...
CREATE TABLE measurement_y2007m11 PARTITION OF measurement
FOR VALUES FROM ('2007-11-01') TO ('2007-12-01');

CREATE TABLE measurement_y2007m12 PARTITION OF measurement
FOR VALUES FROM ('2007-12-01') TO ('2008-01-01')
TABLESPACE fasttablespace;

CREATE TABLE measurement_y2008m01 PARTITION OF measurement
FOR VALUES FROM ('2008-01-01') TO ('2008-02-01')
WITH (parallel_workers = 4)
TABLESPACE fasttablespace;
```

Для реализации вложенного секционирования укажите предложение `PARTITION BY` в командах, создающих отдельные секции, например:

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 PARTITION OF measurement
FOR VALUES FROM ('2006-02-01') TO ('2006-03-01')
PARTITION BY RANGE (peaktemp);
```

Когда будут созданы секции `measurement_y2006m02`, данные, добавляемые в `measurement` и попадающие в `measurement_y2006m02` (или данные, непосредственно добавляемые в `measurement_y2006m02`, с учётом соответствия ограничению секции) будут затем перенаправлены в одну из вложенных секций в зависимости от значения столбца `peaktemp`. Указанный ключ разбиения может пересекаться с ключом разбиения родителя, хотя определять границы вложенной секции нужно осмотрительно, чтобы множество данных, которое она принимает, входило во множество, допускаемое собственными границами секции; система не пытается контролировать это сама.

3. Создайте в секционируемой таблице индекс по ключевому столбцу (или столбцам), а также любые другие индексы, которые могут понадобиться. (Индекс по ключу, строго говоря, создавать не обязательно, но в большинстве случаев он будет полезен.) При этом будет автоматически создан отдельный индекс в каждой секции, и все секции, которые вы будете создавать или присоединять позднее, тоже будут содержать такой индекс.

```
CREATE INDEX ON measurement (logdate);
```

4. Убедитесь в том, что параметр конфигурации `enable_partition_pruning` не выключен в `postgresql.conf`. Иначе запросы не будут оптимизироваться должным образом.

В данном примере нам потребуется создавать секцию каждый месяц, так что было бы разумно написать скрипт, который бы формировал требуемый код DDL автоматически.

5.10.2.2. Обслуживание секций

Обычно набор секций, образованный изначально при создании таблиц, не предполагается сохранять неизменным. Чаще наоборот, планируется удалять старые секции данных и периодически добавлять новые. Одно из наиболее важных преимуществ секционирования состоит именно в том, что оно позволяет практически моментально выполнять трудоёмкие операции, изменяя структуру секций, а не физически перемещая большие объёмы данных.

Самый лёгкий способ удалить старые данные — просто удалить секцию, ставшую ненужной:

```
DROP TABLE measurement_y2006m02;
```

Так можно удалить миллионы записей гораздо быстрее, чем удалять их по одной. Заметьте, однако, что приведённая выше команда требует установления блокировки `ACCESS EXCLUSIVE`.

Ещё один часто более предпочтительный вариант — убрать секцию из главной таблицы, но сохранить возможность обращаться к ней как к самостоятельной таблице:

```
ALTER TABLE measurement DETACH PARTITION measurement_y2006m02;
```

При этом можно будет продолжать работать с данными, пока таблица не будет удалена. Например, в этом состоянии очень кстати будет сделать резервную копию данных, используя `COPY`, `pg_dump` или подобные средства. Возможно, эти данные также можно будет агрегировать, перевести в компактный формат, выполнить другую обработку или построить отчёты.

Аналогичным образом можно добавлять новую секцию с данными. Мы можем создать пустую секцию в главной таблице так же, как мы создавали секции в исходном состоянии до этого:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02 PARTITION OF measurement
    FOR VALUES FROM ('2008-02-01') TO ('2008-03-01')
    TABLESPACE fasttablespace;
```

А иногда удобнее создать новую таблицу вне структуры секций и сделать её полноценной секцией позже. При таком подходе данные можно будет загрузить, проверить и преобразовать до того, как они появятся в секционированной таблице:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02
    (LIKE measurement INCLUDING DEFAULTS INCLUDING CONSTRAINTS)
    TABLESPACE fasttablespace;

ALTER TABLE measurement_y2008m02 ADD CONSTRAINT y2008m02
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' );

\copy measurement_y2008m02 from 'measurement_y2008m02'
-- possibly some other data preparation work

ALTER TABLE measurement ATTACH PARTITION measurement_y2008m02
    FOR VALUES FROM ('2008-02-01') TO ('2008-03-01' );
```

Прежде чем выполнять команду `ATTACH PARTITION`, рекомендуется создать ограничение `CHECK` в присоединяемой таблице, описывающее желаемое ограничение секции. Благодаря этому система сможет не сканировать таблицу для проверки выполнения неявного ограничения секции. Без этого ограничения таблицу нужно будет просканировать и убедиться в выполнении ограничения секции, удерживая блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` в родительской таблице. После выполнения команды `ATTACH PARTITION` это ограничение можно будет удалить за ненадобностью.

5.10.2.3. Ограничения

С секционированными таблицами связаны следующие ограничения:

- Нельзя создать ограничение-исключение, охватывающее все секции; можно только добавить независимые ограничения в каждую отдельную секцию.
- Так как в секционированных таблицах первичные ключи не поддерживаются, на секционированные таблицы не могут ссылаться внешние ключи. (Ссылки на внешние ключи других таблиц из секционированных таблиц поддерживаются.)
- Когда в результате действия `UPDATE` строка должна переместиться из одной секции в другую, есть вероятность, что другая параллельная команда `UPDATE` или `DELETE` пропустит эту строку. Например, предположим, что в сеансе 1 выполняется `UPDATE` для ключа секционирования, а тем временем в параллельном сеансе 2, в котором эта строка видима, выполняется операция `UPDATE` или `DELETE` с этой строкой. Сеанс 2 может незаметно потерять эту строку, если она будет удалена из секции вследствие действия в сеансе 1. В этом случае команды `UPDATE` или `DELETE` в сессии 2, не зная о перемещении строки, считают, что строка была просто удалена и ничего делать с ней не нужно. В обычном случае, когда таблица не секционирована или когда строка не перемещается, в сеансе 2 была бы видна изменённая строка, и операция `UPDATE/DELETE` выполнялась бы с новой версией строки.
- Триггеры `BEFORE ROW` при необходимости должны определяться в отдельных секциях, а не в секционированной таблице.
- Смешивание временных и постоянных отношений в одном дереве секционирования не допускается. Таким образом, если секционированная таблица постоянная, такими же должны быть

её секции; с временными таблицами аналогично. В случае с временными отношениями все таблицы дерева секционирования должны быть из одного сеанса.

5.10.3. Реализация с использованием наследования

Хотя встроенное декларативное секционирование полезно во многих часто возникающих ситуациях, бывают обстоятельства, требующие более гибкого подхода. В этом случае секционирование можно реализовать, применив механизм наследования таблиц, что даст ряд возможностей, неподдерживаемых при декларативном секционировании, например:

- При декларативном секционировании все секции должны иметь в точности тот же набор столбцов, что и секционируемая таблица, тогда как обычное наследование таблиц допускает наличие в дочерних таблицах дополнительных столбцов, отсутствующих в родителе.
- Механизм наследования таблиц поддерживает множественное наследование.
- С декларативным секционированием поддерживается только разбиение по спискам, по диапазонам и по хешу, тогда как с наследованием таблиц данные можно разделять по любому критерию, выбранному пользователем. (Однако заметьте, что если исключение по ограничению не позволяет эффективно устранять дочерние таблицы из планов запросов, производительность запросов будет очень низкой.)
- Для некоторых операций с декларативным секционированием требуется более сильная блокировка, чем с использованием наследования. Например, для добавления или удаления секций из секционированной таблицы требуется установить блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` в родительской таблице, тогда как в случае с обычным наследованием достаточно блокировки `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

5.10.3.1. Пример

Мы будем использовать ту же таблицу `measurement`, что и раньше. Чтобы реализовать секционирование с использованием наследования, выполните следующие действия:

1. Создайте «главную» таблицу, от которой будут наследоваться все «дочерние» таблицы. Главная таблица не будет содержать данные. Не определяйте в ней никакие ограничения-проверки, если только вы не намерены применить их во всех дочерних таблицах. Также не имеет смысла определять в ней какие-либо индексы или ограничения уникальности. В нашем примере главной таблицей будет `measurement` со своим изначальным определением.
2. Создайте несколько «дочерних» таблиц, унаследовав их все от главной. Обычно в таких таблицах не будет никаких дополнительных столбцов, кроме унаследованных. Как и с декларативным секционированием, эти таблицы во всех отношениях будут обычными таблицами PostgreSQL (или сторонними таблицами).

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2006m03 () INHERITS (measurement);
...
CREATE TABLE measurement_y2007m11 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2007m12 () INHERITS (measurement);
CREATE TABLE measurement_y2008m01 () INHERITS (measurement);
```

3. Добавьте в дочерние таблицы неперекрывающиеся ограничения, определяющие допустимые значения ключей для каждой из них.

Типичные примеры таких ограничений:

```
CHECK ( x = 1 )
CHECK ( county IN ( 'Oxfordshire', 'Buckinghamshire', 'Warwickshire' ))
CHECK ( outletID >= 100 AND outletID < 200 )
```

Убедитесь в том, что ограничения не пересекаются, то есть никакие значения ключа не относятся сразу к нескольким дочерним таблицам. Например, часто допускают такую ошибку в определении диапазонов:

```
CHECK ( outletID BETWEEN 100 AND 200 )
CHECK ( outletID BETWEEN 200 AND 300 )
```


Это не будет работать, так как неясно, к какой дочерней таблице должно относиться значение 200.

Дочерние таблицы лучше будет создать следующим образом:

```
CREATE TABLE measurement_y2006m02 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2006-02-01' AND logdate < DATE '2006-03-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2006m03 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2006-03-01' AND logdate < DATE '2006-04-01' )
) INHERITS (measurement);

...

CREATE TABLE measurement_y2007m11 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2007-11-01' AND logdate < DATE '2007-12-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2007m12 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2007-12-01' AND logdate < DATE '2008-01-01' )
) INHERITS (measurement);

CREATE TABLE measurement_y2008m01 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-01-01' AND logdate < DATE '2008-02-01' )
) INHERITS (measurement);
```

4. Для каждой дочерней таблицы создайте индекс по ключевому столбцу (или столбцам), а также любые другие индексы по своему усмотрению.

```
CREATE INDEX measurement_y2006m02_logdate ON measurement_y2006m02 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2006m03_logdate ON measurement_y2006m03 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2007m11_logdate ON measurement_y2007m11 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2007m12_logdate ON measurement_y2007m12 (logdate);
CREATE INDEX measurement_y2008m01_logdate ON measurement_y2008m01 (logdate);
```

5. Мы хотим, чтобы наше приложение могло сказать INSERT INTO measurement ... и данные оказались в соответствующей дочерней таблице. Мы можем добиться этого, добавив подходящую триггерную функцию в главную таблицу. Если данные всегда будут добавляться только в последнюю дочернюю таблицу, нам будет достаточно очень простой функции:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION measurement_insert_trigger()
RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
    INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);
    RETURN NULL;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;
```

Создав эту функцию, мы создадим вызывающий её триггер:

```
CREATE TRIGGER insert_measurement_trigger
    BEFORE INSERT ON measurement
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION measurement_insert_trigger();
```

Мы должны менять определение триггерной функции каждый месяц, чтобы она всегда указывала на текущую дочернюю таблицу. Определение самого триггера, однако, менять не требуется.

Но мы можем также сделать, чтобы сервер автоматически находил дочернюю таблицу, в которую нужно направить добавляемую строку. Для этого нам потребуется более сложная триггерная функция:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION measurement_insert_trigger()
```

```

RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
    IF ( NEW.logdate >= DATE '2006-02-01' AND
        NEW.logdate < DATE '2006-03-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2006m02 VALUES (NEW.*);
    ELSIF ( NEW.logdate >= DATE '2006-03-01' AND
        NEW.logdate < DATE '2006-04-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2006m03 VALUES (NEW.*);
    ...
    ELSIF ( NEW.logdate >= DATE '2008-01-01' AND
        NEW.logdate < DATE '2008-02-01' ) THEN
        INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);
    ELSE
        RAISE EXCEPTION
        'Date out of range. Fix the measurement_insert_trigger() function!';
    END IF;
    RETURN NULL;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;

```

Определение триггера остаётся прежним. Заметьте, что все условия IF должны в точности отражать ограничения CHECK соответствующих дочерних таблиц.

Хотя эта функция сложнее, чем вариант с одним текущим месяцем, её не придётся так часто модифицировать, так как ветви условий можно добавить заранее.

Примечание

На практике будет лучше сначала проверять условие для последней дочерней таблицы, если строки добавляются в неё чаще всего, но для простоты мы расположили проверки триггера в том же порядке, как и в других фрагментах кода для этого примера.

Другой способ перенаправления добавляемых строк в соответствующую дочернюю таблицу можно реализовать, определив для главной таблицы не триггер, а правила. Например:

```

CREATE RULE measurement_insert_y2006m02 AS
ON INSERT TO measurement WHERE
    ( logdate >= DATE '2006-02-01' AND logdate < DATE '2006-03-01' )
DO INSTEAD
    INSERT INTO measurement_y2006m02 VALUES (NEW.*);
...
CREATE RULE measurement_insert_y2008m01 AS
ON INSERT TO measurement WHERE
    ( logdate >= DATE '2008-01-01' AND logdate < DATE '2008-02-01' )
DO INSTEAD
    INSERT INTO measurement_y2008m01 VALUES (NEW.*);

```

С правилами связано гораздо больше накладных расходов, чем с триггером, но они относятся к запросу в целом, а не к каждой строке. Поэтому этот способ может быть более выигрышным при массовом добавлении данных. Однако в большинстве случаев триггеры будут работать быстрее.

Учтите, что команда COPY игнорирует правила. Если вы хотите вставить данные с помощью COPY, вам придётся копировать их сразу в нужную дочернюю таблицу, а не в главную таблицу. С другой стороны, COPY не отменяет триггеры, так что с триггерами вы сможете использовать её обычным образом.

Ещё один недостаток подхода с правилами связан с невозможностью выдать ошибку, если добавляемая строка не подпадает ни под одно из правил; в этом случае данные просто попадут в главную таблицу.

6. Убедитесь в том, что параметр конфигурации `constraint_exclusion` не выключен в `postgresql.conf`. В противном случае дочерние таблицы могут сканироваться, когда это не требуется.

Как уже можно понять, для реализации сложной иерархии таблиц может потребоваться DDL-код значительного объёма. В данном примере нам потребуется создавать дочернюю таблицу каждый месяц, так что было бы разумно написать скрипт, формирующий требуемый код DDL автоматически.

5.10.3.2. Обслуживание таблиц, секционированных через наследование

Чтобы быстро удалить старые данные, просто удалите ставшую ненужной дочернюю таблицу:

```
DROP TABLE measurement_y2006m02;
```

Чтобы удалить дочернюю таблицу из иерархии наследования, но сохранить к ней доступ как к самостоятельной таблице:

```
ALTER TABLE measurement_y2006m02 NO INHERIT measurement;
```

Чтобы добавить новую дочернюю таблицу для новых данных, создайте пустую дочернюю таблицу так же, как до этого создавали начальные:

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02 (
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' )
) INHERITS (measurement);
```

Можно также создать новую таблицу и наполнить её данными до добавления в иерархию таблиц. Это позволит загрузить, проверить и при необходимости преобразовать данные до того, как запросы к главной таблице смогут их увидеть.

```
CREATE TABLE measurement_y2008m02
    (LIKE measurement INCLUDING DEFAULTS INCLUDING CONSTRAINTS);
ALTER TABLE measurement_y2008m02 ADD CONSTRAINT y2008m02
    CHECK ( logdate >= DATE '2008-02-01' AND logdate < DATE '2008-03-01' );
\copy measurement_y2008m02 from 'measurement_y2008m02'
-- возможна дополнительная подготовка данных
ALTER TABLE measurement_y2008m02 INHERIT measurement;
```

5.10.3.3. Ограничения

С реализацией секционирования через наследование связаны следующие ограничения:

- Система не может проверить автоматически, являются ли все ограничения `CHECK` взаимно исключающими. Поэтому безопаснее будет написать и отладить код для формирования дочерних таблиц и создания и/или изменения связанных объектов, чем делать это вручную.
- Показанные здесь схемы подразумевают, что ключевой столбец (или столбцы) в строке никогда не меняется, или меняется не настолько, чтобы строку потребовалось перенести в другую секцию. Если же попытаться выполнить такой оператор `UPDATE`, произойдёт ошибка из-за нарушения ограничения `CHECK`. Если вам нужно обработать и такие случаи, вы можете установить подходящие триггеры на обновление в дочерних таблицах, но это ещё больше усложнит управление всей конструкцией.
- Если вы выполняете команды `VACUUM` или `ANALYZE` вручную, не забывайте, что их нужно запускать для каждой дочерней таблицы в отдельности. Команда

```
ANALYZE measurement;
```

обработает только главную таблицу.

- Операторы INSERT с предложениями ON CONFLICT скорее всего не будут работать ожидаемым образом, так как действие ON CONFLICT предпринимается только в случае нарушений уникальности в указанном целевом отношении, а не его дочерних отношениях.
- Для направления строк в нужные дочерние таблицы потребуются триггеры или правила, если только приложение не знает непосредственно о схеме секционирования. Разработать триггеры может быть довольно сложно, и они будут работать гораздо медленнее, чем внутреннее распределение кортежей при декларативном секционировании.

5.10.4. Устранение секций

Устранение секций — это приём оптимизации запросов, который ускоряет работу с декларативно секционированными таблицами. Например:

```
SET enable_partition_pruning = on;           -- по умолчанию
SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
```

Без устранения секций показанный запрос должен будет просканировать все секции таблицы measurement. Когда устранение секций включено, планировщик рассматривает определение каждой секции и может заключить, что какую-либо секцию сканировать не нужно, так как в ней не может быть строк, удовлетворяющих предложению WHERE в запросе. Когда планировщик может сделать такой вывод, он исключает (*устраняет*) секцию из плана запроса.

Используя команду EXPLAIN и параметр конфигурации enable_partition_pruning, можно увидеть отличие плана, из которого были устранены секции, от плана без устранения. Типичный неоптимизированный план для такой конфигурации таблицы будет выглядеть так:

```
SET enable_partition_pruning = off;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
          QUERY PLAN
-----
Aggregate  (cost=188.76..188.77 rows=1 width=8)
-> Append  (cost=0.00..181.05 rows=3085 width=0)
      -> Seq Scan on measurement_y2006m02  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
      -> Seq Scan on measurement_y2006m03  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
...
      -> Seq Scan on measurement_y2007m11  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
      -> Seq Scan on measurement_y2007m12  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
      -> Seq Scan on measurement_y2008m01  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
```

В некоторых или всех секциях может применяться не полное последовательное сканирование, а сканирование по индексу, но основная идея примера в том, что для удовлетворения запроса не нужно сканировать старые секции. И когда мы включаем устранение секций, мы получаем значительно более эффективный план, дающий тот же результат:

```
SET enable_partition_pruning = on;
EXPLAIN SELECT count(*) FROM measurement WHERE logdate >= DATE '2008-01-01';
          QUERY PLAN
-----
Aggregate  (cost=37.75..37.76 rows=1 width=8)
-> Append  (cost=0.00..36.21 rows=617 width=0)
      -> Seq Scan on measurement_y2008m01  (cost=0.00..33.12 rows=617 width=0)
          Filter: (logdate >= '2008-01-01'::date)
```

Заметьте, что механизм устранения секций учитывает только ограничения, определённые неявно ключами разбиения, но не наличие индексов. Поэтому определять индексы для столбцов ключа не обязательно. Нужно ли создавать индекс для определённой секции, зависит от того, какую часть

секции (меньшую или большую), по вашим представлениям, будут сканировать запросы, обращающиеся к этой секции. Индекс будет полезен в первом случае, но не во втором.

Устранение секций может производиться не только при планировании конкретного запроса, но и в процессе его выполнения. Благодаря этому может быть устранено больше секций, когда условные выражения содержат значения, неизвестные во время планирования; например, это могут быть параметры, определённые оператором `PREPARE`, значения, получаемые из подзапросов, или параметризованные значения во внутренней стороне соединения с вложенным циклом. Устранение секций во время выполнения запроса возможно в следующие моменты времени:

- Во время подготовки плана запроса. В этот момент можно устранить секции, учитывая значения параметров, известные при подготовке выполнения запроса. Секции, устранённые на этом этапе, не будут видны в выводе `EXPLAIN` или `EXPLAIN ANALYZE`. Их общее количество можно определить по свойству «Subplans Removed» в выводе `EXPLAIN`.
- В процессе собственно выполнения плана запроса. Устранение секций также может выполняться на этом этапе и позволяет отфильтровать секции, используя значения, которые становятся известны, когда запрос выполняется фактически. В частности это могут быть значения из подзапросов и значения параметров времени выполнения, например из параметризованных соединений с вложенными циклами. Так как значение этих параметров может меняться многократно при выполнении запроса, устранение секций выполняется при изменении любого из параметров, анализируемых механизмом устранения. Чтобы определить, были ли секции устранены на данном этапе, нужно внимательно изучить свойство `nloops` в выводе `EXPLAIN ANALYZE`.

Устранение секций можно отключить, воспользовавшись параметром `enable_partition_pruning`.

Примечание

В настоящее время устранение секций при планировании выполнения команд `UPDATE` и `DELETE` реализовано посредством метода исключения по ограничению (однако оно управляется параметром `enable_partition_pruning`, а не `constraint_exclusion`) — подробности и замечания приведены в следующем разделе.

Кроме того, в настоящее время устранение секций в процессе выполнения распространяется только на узлы типа `Append`, но не `MergeAppend`.

И то, и другое поведение скорее всего будет изменено в будущем выпуске PostgreSQL.

5.10.5. Секционирование и исключение по ограничению

Исключение по ограничению — приём оптимизации запросов, подобный устранению секций. Прежде всего он применяется, когда секционирование осуществляется с использованием старого метода наследования, но он может быть полезен и для других целей, включая декларативное секционирование.

Исключение по ограничению работает во многом так же, как и устранение секций; отличие состоит в том, что оно использует ограничения `CHECK` всех таблиц (поэтому оно так и называется), тогда как для устранения секций используются границы секции, которые существуют только в случае декларативного секционирования. Ещё одно различие состоит в том, что исключение по ограничению применяется только во время планирования; во время выполнения секции из плана удаляться не будут.

То, что исключение по ограничению использует ограничения `CHECK` (вследствие чего оно работает медленнее устранения секций), иногда может быть и преимуществом. Ограничения могут быть определены даже для декларативно секционированных таблиц, в дополнение к внутренним границам секций, и тогда исключение по ограничению сможет дополнительно убрать некоторые секции из плана запроса.

По умолчанию параметр `constraint_exclusion` имеет значение не `on` и не `off`, а промежуточное (и рекомендуемое) значение `partition`, при котором этот приём будет применяться только к запросам, где предположительно будут задействованы таблицы, секционированные с использованием наследования. Значение `on` обязывает планировщик просматривать ограничения `CHECK` во всех запросах, даже в самых простых, где выигрыш от исключения по ограничению маловероятен.

Применяя исключения по ограничению, необходимо учитывать следующее:

- Исключение по ограничению применяется только при планировании запросов; в отличие от устранения секций, оно не может осуществляться при выполнении запроса.
- Исключение по ограничению работает только когда предложение `WHERE` в запросе содержит константы (или получаемые извне параметры). Например, сравнение с функцией переменной природы, такой как `CURRENT_TIMESTAMP`, нельзя оптимизировать, так как планировщик не знает, в какую дочернюю таблицу попадёт значение функции во время выполнения.
- Ограничения секций должны быть простыми, иначе планировщик не сможет вычислить, какие дочерние таблицы не нужно обрабатывать. Для секционирования по спискам используйте простые условия на равенства, а для секционирования по диапазонам — простые проверки диапазонов, подобные показанным в примерах. Рекомендуется создавать ограничения секций, содержащие только такие сравнения секционирующих столбцов с константами, в которых используются операторы, поддерживающие В-деревья. Это объясняется тем, что в ключе разбиения допускаются только такие столбцы, которые могут быть проиндексированы в В-дереве.
- При анализе для исключения по ограничению исследуются все ограничения всех дочерних таблиц, относящихся к главной, так что при большом их количестве время планирования запросов может значительно увеличиться. Поэтому устаревший вариант секционирования, основанный на наследовании, будет работать хорошо, пока количество дочерних таблиц не превышает примерно ста; не пытайтесь применять его с тысячами дочерних таблиц.

5.11. Сторонние данные

PostgreSQL частично реализует спецификацию SQL/MED, позволяя вам обращаться к данным, находящимся снаружи, используя обычные SQL-запросы. Такие данные называются *сторонними*.

Сторонние данные доступны в PostgreSQL через *обёртку сторонних данных*. Обёртка сторонних данных — это библиотека, взаимодействующая с внешним источником данных и скрывающая в себе внутренние особенности подключения и получения данных. Несколько готовых обёрток предоставляются в виде модулей `contrib`; см. Приложение F. Также вы можете найти другие обёртки, выпускаемые как дополнительные продукты. Если ни одна из существующих обёрток вас не устраивает, вы можете написать свою собственную (см. Главу 57).

Чтобы обратиться к сторонним данным, вы должны создать объект *сторонний сервер*, в котором настраивается подключение к внешнему источнику данных, определяются параметры соответствующей обёртки сторонних данных. Затем вы должны создать одну или несколько *сторонних таблиц*, определив тем самым структуру внешних данных. Сторонние таблицы можно использовать в запросах так же, как и обычные, но их данные не хранятся на сервере PostgreSQL. При каждом запросе PostgreSQL обращается к обёртке сторонних данных, которая, в свою очередь, получает данные из внешнего источника или передаёт их ему (в случае команд `INSERT` или `UPDATE`).

При обращении к внешним данным удалённый источник может потребовать аутентификации клиента. Соответствующие учётные данные можно предоставить с помощью *сопоставлений пользователей*, позволяющих определить в частности имена и пароли, в зависимости от текущей роли пользователя PostgreSQL.

Дополнительную информацию вы найдёте в `CREATE FOREIGN DATA WRAPPER`, `CREATE SERVER`, `CREATE USER MAPPING`, `CREATE FOREIGN TABLE` и `IMPORT FOREIGN SCHEMA`.

5.12. Другие объекты баз данных

Таблицы — центральные объекты в структуре реляционной базы данных, так как они содержат ваши данные. Но это не единственные объекты, которые могут в ней существовать. Помимо них вы

можете создавать и использовать объекты и других типов, призванные сделать управление данными эффективнее и удобнее. Они не обсуждаются в этой главе, но мы просто перечислим некоторые из них, чтобы вы знали об их существовании:

- Представления
- Функции, процедуры и операторы
- Типы данных и домены
- Триггеры и правила перезаписи

Подробнее соответствующие темы освещаются в Части V.

5.13. Отслеживание зависимостей

Когда вы создаёте сложные структуры баз данных, включающие множество таблиц с внешними ключами, представлениями, триггерами, функциями и т. п., вы неявно создаёте сеть зависимостей между объектами. Например, таблица с ограничением внешнего ключа зависит от таблицы, на которую она ссылается.

Для сохранения целостности структуры всей базы данных, PostgreSQL не позволяет удалять объекты, от которых зависят другие. Например, попытка удалить таблицу `products` (мы рассматривали её в Подразделе 5.3.5), от которой зависит таблица `orders`, приведёт к ошибке примерно такого содержания:

```
DROP TABLE products;
```

ОШИБКА: удалить объект "таблица products" нельзя, так как от него зависят другие

ПОДРОБНОСТИ: ограничение `orders_product_no_fkey` в отношении "таблица orders" зависит от объекта "таблица products"

ПОДСКАЗКА: Для удаления зависимых объектов используйте `DROP ... CASCADE`.

Сообщение об ошибке даёт полезную подсказку: если вы не хотите заниматься ликвидацией зависимостей по отдельности, можно выполнить:

```
DROP TABLE products CASCADE;
```

и все зависимые объекты, а также объекты, зависящие от них, будут удалены рекурсивно. В этом случае таблица `orders` останется, а удалено будет только её ограничение внешнего ключа. Удаление не распространится на другие объекты, так как ни один объект не зависит от этого ограничения. (Если вы хотите проверить, что произойдёт при выполнении `DROP ... CASCADE`, запустите `DROP` без `CASCADE` и прочитайте **ПОДРОБНОСТИ (DETAIL)**.)

Почти все команды `DROP` в PostgreSQL поддерживают указание `CASCADE`. Конечно, вид возможных зависимостей зависит от типа объекта. Вы также можете написать `RESTRICT` вместо `CASCADE`, чтобы включить поведение по умолчанию, когда объект можно удалить, только если от него не зависят никакие другие.

Примечание

Стандарт SQL требует явного указания `RESTRICT` или `CASCADE` в команде `DROP`. Но это требование на самом деле не выполняется ни в одной СУБД, при этом одни системы по умолчанию подразумевают `RESTRICT`, а другие — `CASCADE`.

Если в команде `DROP` перечисляются несколько объектов, `CASCADE` требуется указывать, только когда есть зависимости вне заданной группы. Например, в команде `DROP TABLE tab1, tab2` при наличии внешнего ключа, ссылающегося на `tab1` из `tab2`, можно не указывать `CASCADE`, чтобы она выполнялась успешно.

Для пользовательских функций PostgreSQL отслеживает зависимости, связанные с внешне видимыми свойствами функции, такими как типы аргументов и результата, но не зависимости, которые

могут быть выявлены только при анализе тела функции. В качестве примера рассмотрите следующий сценарий:

```
CREATE TYPE rainbow AS ENUM ('red', 'orange', 'yellow',  
                             'green', 'blue', 'purple');
```

```
CREATE TABLE my_colors (color rainbow, note text);
```

```
CREATE FUNCTION get_color_note (rainbow) RETURNS text AS  
    'SELECT note FROM my_colors WHERE color = $1'  
LANGUAGE SQL;
```

(Описание функций языка SQL можно найти в Разделе 38.5.) PostgreSQL будет понимать, что функция `get_color_note` зависит от типа `rainbow`: при удалении типа будет принудительно удалена функция, так как тип её аргумента оказывается неопределённым. Но PostgreSQL не будет учитывать зависимость `get_color_note` от таблицы `my_colors` и не удалит функцию при удалении таблицы. Но у этого подхода есть не только минус, но и плюс. В случае отсутствия таблицы эта функция останется рабочей в некотором смысле: хотя при попытке выполнить её возникнет ошибка, но при создании новой таблицы с тем же именем функция снова будет работать.

Глава 6. Модификация данных

В предыдущей главе мы обсуждали, как создавать таблицы и другие структуры для хранения данных. Теперь пришло время заполнить таблицы данными. В этой главе мы расскажем, как добавлять, изменять и удалять данные из таблиц. А из следующей главы вы наконец узнаете, как извлекать нужные вам данные из базы данных.

6.1. Добавление данных

Сразу после создания таблицы она не содержит никаких данных. Поэтому, чтобы она была полезна, в неё прежде всего нужно добавить данные. По сути данные добавляются в таблицу по одной строке. И хотя вы конечно можете добавить в таблицу несколько строк, добавить в неё меньше, чем строку, невозможно. Даже если вы указываете значения только некоторых столбцов, создаётся полная строка.

Чтобы создать строку, вы будете использовать команду INSERT. В этой команде необходимо указать имя таблицы и значения столбцов. Например, рассмотрим таблицу товаров из Главы 5:

```
CREATE TABLE products (  
    product_no integer,  
    name text,  
    price numeric  
);
```

Добавить в неё строку можно было бы так:

```
INSERT INTO products VALUES (1, 'Cheese', 9.99);
```

Значения данных перечисляются в порядке столбцов в таблице и разделяются запятыми. Обычно в качестве значений указываются константы, но это могут быть и скалярные выражения.

Показанная выше запись имеет один недостаток — вам необходимо знать порядок столбцов в таблице. Чтобы избежать этого, можно перечислить столбцы явно. Например, следующие две команды дадут тот же результат, что и показанная выше:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES (1, 'Cheese', 9.99);  
INSERT INTO products (name, price, product_no) VALUES ('Cheese', 9.99, 1);
```

Многие считают, что лучше всегда явно указывать имена столбцов.

Если значения определяются не для всех столбцов, лишние столбцы можно опустить. В таком случае эти столбцы получают значения по умолчанию. Например:

```
INSERT INTO products (product_no, name) VALUES (1, 'Cheese');  
INSERT INTO products VALUES (1, 'Cheese');
```

Вторая форма является расширением PostgreSQL. Она заполняет столбцы слева по числу переданных значений, а все остальные столбцы принимают значения по умолчанию.

Для ясности можно также явно указать значения по умолчанию для отдельных столбцов или всей строки:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES (1, 'Cheese', DEFAULT);  
INSERT INTO products DEFAULT VALUES;
```

Одна команда может вставить сразу несколько строк:

```
INSERT INTO products (product_no, name, price) VALUES  
    (1, 'Cheese', 9.99),  
    (2, 'Bread', 1.99),  
    (3, 'Milk', 2.99);
```

Также возможно вставить результат запроса (который может не содержать строк либо содержать одну или несколько):

```
INSERT INTO products (product_no, name, price)
  SELECT product_no, name, price FROM new_products
  WHERE release_date = 'today';
```

Это позволяет использовать все возможности механизма запросов SQL (см. Главу 7) для вычисления вставляемых строк.

Подсказка

Когда нужно добавить сразу множество строк, возможно будет лучше использовать команду COPY. Она не такая гибкая, как INSERT, но гораздо эффективнее. Дополнительно об ускорении массовой загрузки данных можно узнать в Разделе 14.4.

6.2. Изменение данных

Модификация данных, уже сохранённых в БД, называется изменением. Изменить можно все строки таблицы, либо подмножество всех строк, либо только избранные строки. Каждый столбец при этом можно изменять независимо от других.

Для изменения данных в существующих строках используется команда UPDATE. Ей требуется следующая информация:

1. Имя таблицы и изменяемого столбца
2. Новое значение столбца
3. Критерий отбора изменяемых строк

Если вы помните, в Главе 5 говорилось, что в SQL в принципе нет уникального идентификатора строк. Таким образом, не всегда возможно явно указать на строку, которую требуется изменить. Поэтому необходимо указать условия, каким должны соответствовать требуемая строка. Только если в таблице есть первичный ключ (вне зависимости от того, объявляли вы его или нет), можно однозначно адресовать отдельные строки, определив условие по первичному ключу. Этим пользуются графические инструменты для работы с базой данных, дающие возможность редактировать данные по строкам.

Например, следующая команда увеличивает цену всех товаров, имевших до этого цену 5, до 10:

```
UPDATE products SET price = 10 WHERE price = 5;
```

В результате может измениться ноль, одна или множество строк. И если этому запросу не будет удовлетворять ни одна строка, это не будет ошибкой.

Давайте рассмотрим эту команду подробнее. Она начинается с ключевого слова UPDATE, за которым идёт имя таблицы. Как обычно, имя таблицы может быть записано в полной форме, в противном случае она будет найдена по пути. Затем идёт ключевое слово SET, за которым следует имя столбца, знак равенства и новое значение столбца. Этим значением может быть любое скалярное выражение, а не только константа. Например, если вы захотите поднять цену всех товаров на 10%, это можно сделать так:

```
UPDATE products SET price = price * 1.10;
```

Как видно из этого примера, выражение нового значения может ссылаться на существующие значения столбцов в строке. Мы также опустили в нём предложение WHERE. Это означает, что будут изменены все строки в таблице. Если же это предложение присутствует, изменяются только строки, которые соответствуют условию WHERE. Заметьте, что хотя знак равенства в предложении SET обозначает операцию присваивания, а такой же знак в предложении WHERE используется для сравнения, это не приводит к неоднозначности. И конечно, в условии WHERE не обязательно должна быть проверка равенства, а могут применяться и другие операторы (см. Главу 9). Необходимо только, чтобы это выражение возвращало логический результат.

В команде UPDATE можно изменить значения сразу нескольких столбцов, перечислив их в предложении SET. Например:

```
UPDATE mytable SET a = 5, b = 3, c = 1 WHERE a > 0;
```

6.3. Удаление данных

Мы рассказали о том, как добавлять данные в таблицы и как изменять их. Теперь вам осталось узнать, как удалить данные, которые оказались не нужны. Так же, как добавлять данные можно только целыми строками, удалять их можно только по строкам. В предыдущем разделе мы отметили, что в SQL нет возможности напрямую адресовать отдельные строки, так что удалить избранные строки можно, только сформулировав для них подходящие условия. Но если в таблице есть первичный ключ, с его помощью можно однозначно выделить определённую строку. При этом можно так же удалить группы строк, соответствующие условию, либо сразу все строки таблицы.

Для удаления строк используется команда `DELETE`; её синтаксис очень похож на синтаксис команды `UPDATE`. Например, удалить все строки из таблицы с товарами, имеющими цену 10, можно так:

```
DELETE FROM products WHERE price = 10;
```

Если вы напишете просто:

```
DELETE FROM products;
```

будут удалены все строки таблицы! Будьте осторожны!

6.4. Возврат данных из изменённых строк

Иногда бывает полезно получать данные из модифицируемых строк в процессе их обработки. Это возможно с использованием предложения `RETURNING`, которое можно задать для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Применение `RETURNING` позволяет обойтись без дополнительного запроса к базе для сбора данных и это особенно ценно, когда как-то иначе трудно получить изменённые строки надёжным образом.

В предложении `RETURNING` допускается то же содержимое, что и в выходном списке команды `SELECT` (см. Раздел 7.3). Оно может содержать имена столбцов целевой таблицы команды или значения выражений с этими столбцами. Также часто применяется краткая запись `RETURNING *`, выбирающая все столбцы целевой таблицы по порядку.

В команде `INSERT` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются из строки в том виде, в каком она была вставлена. Это не очень полезно при простом добавлении, так как в результате будут получены те же данные, что были переданы клиентом. Но это может быть очень удобно при использовании вычисляемых значений по умолчанию. Например, если в таблице есть столбец `serial`, в котором генерируются уникальные идентификаторы, команда `RETURNING` может вернуть идентификатор, назначенный новой строке:

```
CREATE TABLE users (firstname text, lastname text, id serial primary key);
```

```
INSERT INTO users (firstname, lastname) VALUES ('Joe', 'Cool') RETURNING id;
```

Предложение `RETURNING` также очень полезно с `INSERT ... SELECT`.

В команде `UPDATE` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются новым содержимым изменённой строки. Например:

```
UPDATE products SET price = price * 1.10
WHERE price <= 99.99
RETURNING name, price AS new_price;
```

В команде `DELETE` данные, выдаваемые в `RETURNING`, образуются содержимым удалённой строки. Например:

```
DELETE FROM products
WHERE obsoletion_date = 'today'
```

`RETURNING *;`

Если для целевой таблицы заданы триггеры (см. Главу 39), в `RETURNING` выдаются данные из строки, изменённой триггерами. Таким образом, `RETURNING` часто применяется и для того, чтобы проверить содержимое столбцов, изменяемых триггерами.

Глава 7. Запросы

В предыдущих главах рассказывалось, как создать таблицы, как заполнить их данными и как изменить эти данные. Теперь мы наконец обсудим, как получить данные из базы данных.

7.1. Обзор

Процесс или команда получения данных из базы данных называется *запросом*. В SQL запросы формулируются с помощью команды SELECT. В общем виде команда SELECT записывается так:

```
[WITH запросы_with] SELECT список_выборки FROM табличное_выражение  
[определение_сортировки]
```

В следующих разделах подробно описываются список выборки, табличное выражение и определение сортировки. Запросы WITH являются расширенной возможностью PostgreSQL и будут рассмотрены в последнюю очередь.

Простой запрос выглядит так:

```
SELECT * FROM table1;
```

Если предположить, что в базе данных есть таблица table1, эта команда получит все строки с содержимым всех столбцов из table1. (Метод выдачи результата определяет клиентское приложение. Например, программа psql выведет на экране ASCII-таблицу, хотя клиентские библиотеки позволяют извлекать отдельные значения из результата запроса.) Здесь список выборки задан как *, это означает, что запрос должен вернуть все столбцы табличного выражения. В списке выборки можно также указать подмножество доступных столбцов или составить выражения с этими столбцами. Например, если в table1 есть столбцы a, b и c (и возможно, другие), вы можете выполнить следующий запрос:

```
SELECT a, b + c FROM table1;
```

(в предположении, что столбцы b и c имеют числовой тип данных). Подробнее это описано в Разделе 7.3.

FROM table1 — это простейший тип табличного выражения, в котором просто читается одна таблица. Вообще табличные выражения могут быть сложными конструкциями из базовых таблиц, соединений и подзапросов. А можно и вовсе опустить табличное выражение и использовать команду SELECT как калькулятор:

```
SELECT 3 * 4;
```

В этом может быть больше смысла, когда выражения в списке выборки возвращают меняющиеся результаты. Например, можно вызвать функцию так:

```
SELECT random();
```

7.2. Табличные выражения

Табличное выражение вычисляет таблицу. Это выражение содержит предложение FROM, за которым могут следовать предложения WHERE, GROUP BY и HAVING. Тривиальные табличные выражения просто ссылаются на физическую таблицу, её называют также базовой, но в более сложных выражениях такие таблицы можно преобразовывать и комбинировать самыми разными способами.

Необязательные предложения WHERE, GROUP BY и HAVING в табличном выражении определяют последовательность преобразований, осуществляемых с данными таблицы, полученной в предложении FROM. В результате этих преобразований образуется виртуальная таблица, строки которой передаются списку выборки, вычисляющему выходные строки запроса.

7.2.1. Предложение FROM

«Предложение FROM» образует таблицу из одной или нескольких ссылок на таблицы, разделённых запятыми.

```
FROM табличная_ссылка [, табличная_ссылка [, ...]]
```

Здесь табличной ссылкой может быть имя таблицы (возможно, с именем схемы), производная таблица, например подзапрос, соединение таблиц или сложная комбинация этих вариантов. Если в предложении `FROM` перечисляются несколько ссылок, для них применяется перекрёстное соединение (то есть декартово произведение их строк; см. ниже). Список `FROM` преобразуется в промежуточную виртуальную таблицу, которая может пройти через преобразования `WHERE`, `GROUP BY` и `HAVING`, и в итоге определит результат табличного выражения.

Когда в табличной ссылке указывается таблица, являющаяся родительской в иерархии наследования, в результате будут получены строки не только этой таблицы, но и всех её дочерних таблиц. Чтобы выбрать строки только одной родительской таблицы, перед её именем нужно добавить ключевое слово `ONLY`. Учтите, что при этом будут получены только столбцы указанной таблицы — дополнительные столбцы дочерних таблиц не попадут в результат.

Если же вы не добавляете `ONLY` перед именем таблицы, вы можете дописать после него `*`, тем самым указав, что должны обрабатываться и все дочерние таблицы. Практических причин использовать этот синтаксис больше нет, так как поиск в дочерних таблицах теперь производится по умолчанию. Однако эта запись поддерживается для совместимости со старыми версиями.

7.2.1.1. Соединённые таблицы

Соединённая таблица — это таблица, полученная из двух других (реальных или производных от них) таблиц в соответствии с правилами соединения конкретного типа. Общий синтаксис описания соединённой таблицы:

```
T1 тип_соединения T2 [ условие_соединения ]
```

Соединения любых типов могут вкладываться друг в друга или объединяться: и `T1`, и `T2` могут быть результатами соединения. Для однозначного определения порядка соединений предложения `JOIN` можно заключать в скобки. Если скобки отсутствуют, предложения `JOIN` обрабатываются слева направо.

Типы соединений

Перекрёстное соединение

```
T1 CROSS JOIN T2
```

Соединённую таблицу образуют все возможные сочетания строк из `T1` и `T2` (т. е. их декартово произведение), а набор её столбцов объединяет в себе столбцы `T1` со следующими за ними столбцами `T2`. Если таблицы содержат `N` и `M` строк, соединённая таблица будет содержать `N * M` строк.

`FROM T1 CROSS JOIN T2` эквивалентно `FROM T1 INNER JOIN T2 ON TRUE` (см. ниже). Эта запись также эквивалентна `FROM T1, T2`.

Примечание

Последняя запись не полностью эквивалентна первым при указании более чем двух таблиц, так как `JOIN` связывает таблицы сильнее, чем запятая. Например, `FROM T1 CROSS JOIN T2 INNER JOIN T3 ON условие` не равнозначно `FROM T1, T2 INNER JOIN T3 ON условие`, так как `условие` может ссылаться на `T1` в первом случае, но не во втором.

Соединения с сопоставлениями строк

```
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
  ON логическое_выражение
T1 { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
  USING ( список_столбцов_соединения )
```

```
T1 NATURAL { [INNER] | { LEFT | RIGHT | FULL } [OUTER] } JOIN T2
```

Слова `INNER` и `OUTER` необязательны во всех формах. По умолчанию подразумевается `INNER` (внутреннее соединение), а при указании `LEFT`, `RIGHT` и `FULL` — внешнее соединение.

Условие соединения указывается в предложении `ON` или `USING`, либо неявно задаётся ключевым словом `NATURAL`. Это условие определяет, какие строки двух исходных таблиц считаются «соответствующими» друг другу (это подробно рассматривается ниже).

Возможные типы соединений с сопоставлениями строк:

`INNER JOIN`

Для каждой строки `R1` из `T1` в результирующей таблице содержится строка для каждой строки в `T2`, удовлетворяющей условию соединения с `R1`.

`LEFT OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение (`INNER JOIN`). Затем в результат добавляются все строки из `T1`, которым не соответствуют никакие строки в `T2`, а вместо значений столбцов `T2` вставляются `NULL`. Таким образом, в результирующей таблице всегда будет минимум одна строка для каждой строки из `T1`.

`RIGHT OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение (`INNER JOIN`). Затем в результат добавляются все строки из `T2`, которым не соответствуют никакие строки в `T1`, а вместо значений столбцов `T1` вставляются `NULL`. Это соединение является обратным к левому (`LEFT JOIN`): в результирующей таблице всегда будет минимум одна строка для каждой строки из `T2`.

`FULL OUTER JOIN`

Сначала выполняется внутреннее соединение. Затем в результат добавляются все строки из `T1`, которым не соответствуют никакие строки в `T2`, а вместо значений столбцов `T2` вставляются `NULL`. И наконец, в результат включаются все строки из `T2`, которым не соответствуют никакие строки в `T1`, а вместо значений столбцов `T1` вставляются `NULL`.

Предложение `ON` определяет наиболее общую форму условия соединения: в нём указываются выражения логического типа, подобные тем, что используются в предложении `WHERE`. Пара строк из `T1` и `T2` соответствуют друг другу, если выражение `ON` возвращает для них `true`.

`USING` — это сокращённая запись условия, полезная в ситуации, когда с обеих сторон соединения столбцы имеют одинаковые имена. Она принимает список общих имён столбцов через запятую и формирует условие соединения с равенством этих столбцов. Например, запись соединения `T1` и `T2` с `USING (a, b)` формирует условие `ON T1.a = T2.a AND T1.b = T2.b`.

Более того, при выводе `JOIN USING` исключаются избыточные столбцы: оба сопоставленных столбца выводить не нужно, так как они содержат одинаковые значения. Тогда как `JOIN ON` выдаёт все столбцы из `T1`, а за ними все столбцы из `T2`, `JOIN USING` выводит один столбец для каждой пары (в указанном порядке), за ними все оставшиеся столбцы из `T1` и, наконец, все оставшиеся столбцы `T2`.

Наконец, `NATURAL` — сокращённая форма `USING`: она образует список `USING` из всех имён столбцов, существующих в обеих входных таблицах. Как и с `USING`, эти столбцы оказываются в выходной таблице в единственном экземпляре. Если столбцов с одинаковыми именами не находится, `NATURAL JOIN` действует как `JOIN ... ON TRUE` и выдаёт декартово произведение строк.

Примечание

Предложение `USING` разумно защищено от изменений в соединяемых отношениях, так как оно связывает только явно перечисленные столбцы. `NATURAL` считается более рискованным, так как при любом изменении схемы в одном или другом отноше-

нии, когда появляются столбцы с совпадающими именами, при соединении будут связываться и эти новые столбцы.

Для наглядности предположим, что у нас есть таблицы t1:

num	name
1	a
2	b
3	c

и t2:

num	value
1	xxx
3	yyy
5	zzz

С ними для разных типов соединений мы получим следующие результаты:

=> **SELECT * FROM t1 CROSS JOIN t2;**

num	name	num	value
1	a	1	xxx
1	a	3	yyy
1	a	5	zzz
2	b	1	xxx
2	b	3	yyy
2	b	5	zzz
3	c	1	xxx
3	c	3	yyy
3	c	5	zzz

(9 rows)

=> **SELECT * FROM t1 INNER JOIN t2 ON t1.num = t2.num;**

num	name	num	value
1	a	1	xxx
3	c	3	yyy

(2 rows)

=> **SELECT * FROM t1 INNER JOIN t2 USING (num);**

num	name	value
1	a	xxx
3	c	yyy

(2 rows)

=> **SELECT * FROM t1 NATURAL INNER JOIN t2;**

num	name	value
1	a	xxx
3	c	yyy

(2 rows)

=> **SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num;**

num	name	num	value
1	a	1	xxx


```

  2 | b   |      |
  3 | c   |      | 3 | yyy
(3 rows)

```

```
=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 USING (num);
```

```

 num | name | value
-----+-----+-----
  1 | a   | xxx
  2 | b   |
  3 | c   | yyy
(3 rows)

```

```
=> SELECT * FROM t1 RIGHT JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
```

```

 num | name | num | value
-----+-----+-----+-----
  1 | a   |  1 | xxx
  3 | c   |  3 | yyy
    |     |  5 | zzz
(3 rows)

```

```
=> SELECT * FROM t1 FULL JOIN t2 ON t1.num = t2.num;
```

```

 num | name | num | value
-----+-----+-----+-----
  1 | a   |  1 | xxx
  2 | b   |    |
  3 | c   |  3 | yyy
    |     |  5 | zzz
(4 rows)

```

Условие соединения в предложении `ON` может также содержать выражения, не связанные непосредственно с соединением. Это может быть полезно в некоторых запросах, но не следует использовать это необдуманно. Рассмотрим следующий запрос:

```
=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num AND t2.value = 'xxx';
```

```

 num | name | num | value
-----+-----+-----+-----
  1 | a   |  1 | xxx
  2 | b   |    |
  3 | c   |    |
(3 rows)

```

Заметьте, что если поместить ограничение в предложение `WHERE`, вы получите другой результат:

```
=> SELECT * FROM t1 LEFT JOIN t2 ON t1.num = t2.num WHERE t2.value = 'xxx';
```

```

 num | name | num | value
-----+-----+-----+-----
  1 | a   |  1 | xxx
(1 row)

```

Это связано с тем, что ограничение, помещённое в предложение `ON`, обрабатывается до операции соединения, тогда как ограничение в `WHERE` — после. Это не имеет значения при внутренних соединениях, но важно при внешних.

7.2.1.2. Псевдонимы таблиц и столбцов

Таблицам и ссылкам на сложные таблицы в запросе можно дать временное имя, по которому к ним можно будет обращаться в рамках запроса. Такое имя называется *псевдонимом таблицы*.

Определить псевдоним таблицы можно, написав

```
FROM табличная_ссылка AS псевдоним
```

или

```
FROM табличная_ссылка псевдоним
```

Ключевое слово `AS` является необязательным. Вместо *псевдоним* здесь может быть любой идентификатор.

Псевдонимы часто применяются для назначения коротких идентификаторов длинным именам таблиц с целью улучшения читаемости запросов. Например:

```
SELECT * FROM "очень_длинное_имя_таблицы" s JOIN "другое_длинное_имя" a
  ON s.id = a.num;
```

Псевдоним становится новым именем таблицы в рамках текущего запроса, т. е. после назначения псевдонима использовать исходное имя таблицы в другом месте запроса нельзя. Таким образом, следующий запрос недопустим:

```
SELECT * FROM my_table AS m WHERE my_table.a > 5;      -- неправильно
```

Хотя в основном псевдонимы используются для удобства, они бывают необходимы, когда таблица соединяется сама с собой, например:

```
SELECT * FROM people AS mother JOIN people AS child
  ON mother.id = child.mother_id;
```

Кроме того, псевдонимы обязательно нужно назначать подзапросам (см. Подраздел 7.2.1.3).

В случае неоднозначности определения псевдонимов можно использовать скобки. В следующем примере первый оператор назначает псевдоним `b` второму экземпляру `my_table`, а второй оператор назначает псевдоним результату соединения:

```
SELECT * FROM my_table AS a CROSS JOIN my_table AS b ...
SELECT * FROM (my_table AS a CROSS JOIN my_table) AS b ...
```

В другой форме назначения псевдонима временные имена даются не только таблицам, но и её столбцам:

```
FROM табличная_ссылка [AS] псевдоним ( столбец1 [, столбец2 [, ...]] )
```

Если псевдонимов столбцов оказывается меньше, чем фактически столбцов в таблице, остальные столбцы сохраняют свои исходные имена. Эта запись особенно полезна для замкнутых соединений или подзапросов.

Когда псевдоним применяется к результату `JOIN`, он скрывает оригинальные имена таблиц внутри `JOIN`. Например, это допустимый SQL-запрос:

```
SELECT a.* FROM my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...
```

а запрос:

```
SELECT a.* FROM (my_table AS a JOIN your_table AS b ON ...) AS c
```

ошибочный, так как псевдоним таблицы `a` не виден снаружи определения псевдонима `c`.

7.2.1.3. Подзапросы

Подзапросы, образующие таблицы, должны заключаться в скобки и им *обязательно* должны назначаться псевдонимы (как описано в Подразделе 7.2.1.2). Например:

```
FROM (SELECT * FROM table1) AS псевдоним
```

Этот пример равносильен записи `FROM table1 AS псевдоним`. Более интересные ситуации, которые нельзя свести к простому соединению, возникают, когда в подзапросе используются агрегирующие функции или группировка.

Подзапросом может также быть список `VALUES`:

```
FROM (VALUES ('anne', 'smith'), ('bob', 'jones'), ('joe', 'blow'))
```

```
AS names(first, last)
```

Такому подзапросу тоже требуется псевдоним. Назначать псевдонимы столбцам списка VALUES не требуется, но вообще это хороший приём. Подробнее это описано в Разделе 7.7.

7.2.1.4. Табличные функции

Табличные функции — это функции, выдающие набор строк, содержащих либо базовые типы данных (скалярных типов), либо составные типы (табличные строки). Они применяются в запросах как таблицы, представления или подзапросы в предложении FROM. Столбцы, возвращённые табличными функциями, можно включить в выражения SELECT, JOIN или WHERE так же, как столбцы таблиц, представлений или подзапросов.

Табличные функции можно также скомбинировать, используя запись ROWS FROM. Результаты функций будут возвращены в параллельных столбцах; число строк в этом случае будет наибольшим из результатов всех функций, а результаты функций с меньшим количеством строк будут дополнены значениями NULL.

```
вызов_функции [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы [(псевдоним_столбца [, ...])]]
ROWS FROM( вызов_функции [, ...] ) [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы
[(псевдоним_столбца [, ...])]]
```

Если указано предложение WITH ORDINALITY, к столбцам результатов функций будет добавлен ещё один, с типом bigint. В этом столбце нумеруются строки результирующего набора, начиная с 1. (Это обобщение стандартного SQL-синтаксиса UNNEST ... WITH ORDINALITY.) По умолчанию, этот столбец называется ordinality, но ему можно присвоить и другое имя с помощью указания AS.

Специальную табличную функцию UNNEST можно вызвать с любым числом параметров-массивов, а возвращает она соответствующее число столбцов, как если бы UNNEST (Раздел 9.18) вызывалась для каждого параметра в отдельности, а результаты объединялись с помощью конструкции ROWS FROM.

```
UNNEST( выражение_массива [, ...] ) [WITH ORDINALITY] [[AS] псевдоним_таблицы
[(псевдоним_столбца [, ...])]]
```

Если псевдоним_таблицы не указан, в качестве имени таблицы используется имя функции; в случае с конструкцией ROWS FROM() — имя первой функции.

Если псевдонимы столбцов не указаны, то для функции, возвращающей базовый тип данных, именем столбца будет имя функции. Для функций, возвращающих составной тип, имена результирующих столбцов определяются индивидуальными атрибутами типа.

Несколько примеров:

```
CREATE TABLE foo (fooid int, foosubid int, fooname text);
```

```
CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS SETOF foo AS $$
  SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM getfoo(1) AS t1;
```

```
SELECT * FROM foo
  WHERE foosubid IN (
    SELECT foosubid
    FROM getfoo(foo.fooid) z
    WHERE z.fooid = foo.fooid
  );
```

```
CREATE VIEW vw_getfoo AS SELECT * FROM getfoo(1);
```

```
SELECT * FROM vw_getfoo;
```

В некоторых случаях бывает удобно определить табличную функцию, возвращающую различные наборы столбцов при разных вариантах вызова. Для этого нужно указать, что она возвращает псевдотип `record`. Используя такую функцию, ожидаемую структуру строк нужно описать в самом запросе, чтобы система знала, как разобрать запрос и составить его план. Записывается это так:

```
вызов_функции [AS] псевдоним (определение_столбца [, ...])
вызов_функции AS [псевдоним] (определение_столбца [, ...])
ROWS FROM( ... вызов_функции AS (определение_столбца [, ...]) [, ...] )
```

Без `ROWS FROM()` список `определения_столбцов` заменяет список псевдонимов, который можно также добавить в предложении `FROM`; имена в определениях столбцов служат псевдонимами. С `ROWS FROM()` список `определения_столбцов` можно добавить к каждой функции отдельно, либо в случае с одной функцией и без предложения `WITH ORDINALITY`, список `определения_столбцов` можно записать вместо списка с псевдонимами столбцов после `ROWS FROM()`.

Взгляните на этот пример:

```
SELECT *
  FROM dblink('dbname=mydb', 'SELECT proname, prosrc FROM pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text)
 WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

Здесь функция `dblink` (из модуля `dblink`) выполняет удалённый запрос. Она объявлена как функция, возвращающая тип `record`, так как он подойдёт для запроса любого типа. В этом случае фактический набор столбцов функции необходимо описать в вызывающем её запросе, чтобы анализатор запроса знал, например, как преобразовать `*`.

7.2.1.5. Подзапросы LATERAL

Перед подзапросами в предложении `FROM` можно добавить ключевое слово `LATERAL`. Это позволит ссылаться в них на столбцы предшествующих элементов списка `FROM`. (Без `LATERAL` каждый подзапрос выполняется независимо и поэтому не может обращаться к другим элементам `FROM`.)

Перед табличными функциями в предложении `FROM` также можно указать `LATERAL`, но для них это ключевое слово необязательно; в аргументах функций в любом случае можно обращаться к столбцам в предыдущих элементах `FROM`.

Элемент `LATERAL` может находиться на верхнем уровне списка `FROM` или в дереве `JOIN`. В последнем случае он может также ссылаться на любые элементы в левой части `JOIN`, справа от которого он находится.

Когда элемент `FROM` содержит ссылки `LATERAL`, запрос выполняется следующим образом: сначала для строки элемента `FROM` с целевыми столбцами, или набора строк из нескольких элементов `FROM`, содержащих целевые столбцы, вычисляется элемент `LATERAL` со значениями этих столбцов. Затем результирующие строки обычным образом соединяются со строками, из которых они были вычислены. Эта процедура повторяется для всех строк исходных таблиц.

`LATERAL` можно использовать так:

```
SELECT * FROM foo, LATERAL (SELECT * FROM bar WHERE bar.id = foo.bar_id) ss;
```

Здесь это не очень полезно, так как тот же результат можно получить более простым и привычным способом:

```
SELECT * FROM foo, bar WHERE bar.id = foo.bar_id;
```

Применять `LATERAL` имеет смысл в основном, когда для вычисления соединяемых строк необходимо обратиться к столбцам других таблиц. В частности, это полезно, когда нужно передать значение функции, возвращающей набор данных. Например, если предположить, что `vertices(polygon)` возвращает набор вершин многоугольника, близкие вершины многоугольников из таблицы `polygons` можно получить так:

```
SELECT p1.id, p2.id, v1, v2
```

```
FROM polygons p1, polygons p2,
     LATERAL vertices(p1.poly) v1,
     LATERAL vertices(p2.poly) v2
WHERE (v1 <-> v2) < 10 AND p1.id != p2.id;
```

Этот запрос можно записать и так:

```
SELECT p1.id, p2.id, v1, v2
FROM polygons p1 CROSS JOIN LATERAL vertices(p1.poly) v1,
     polygons p2 CROSS JOIN LATERAL vertices(p2.poly) v2
WHERE (v1 <-> v2) < 10 AND p1.id != p2.id;
```

или переформулировать другими способами. (Как уже упоминалось, в данном примере ключевое слово `LATERAL` не требуется, но мы добавили его для ясности.)

Особенно полезно бывает использовать `LEFT JOIN` с подзапросом `LATERAL`, чтобы исходные строки оказывались в результате, даже если подзапрос `LATERAL` не возвращает строк. Например, если функция `get_product_names()` выдаёт названия продуктов, выпущенных определённым производителем, но о продукции некоторых производителей информации нет, мы можем найти, каких именно, примерно так:

```
SELECT m.name
FROM manufacturers m LEFT JOIN LATERAL get_product_names(m.id) pname ON true
WHERE pname IS NULL;
```

7.2.2. Предложение WHERE

«Предложение `WHERE`» записывается так:

`WHERE условие_ограничения`

где *условие_ограничения* — любое выражение значения (см. Раздел 4.2), выдающее результат типа `boolean`.

После обработки предложения `FROM` каждая строка полученной виртуальной таблицы проходит проверку по условию ограничения. Если результат условия равен `true`, эта строка остаётся в выходной таблице, а иначе (если результат равен `false` или `NULL`) отбрасывается. В условии ограничения, как правило, задействуется минимум один столбец из таблицы, полученной на выходе `FROM`. Хотя строго говоря, это не требуется, но в противном случае предложение `WHERE` будет бессмысленным.

Примечание

Условие для внутреннего соединения можно записать как в предложении `WHERE`, так и в предложении `JOIN`. Например, это выражение:

```
FROM a, b WHERE a.id = b.id AND b.val > 5
```

равнозначно этому:

```
FROM a INNER JOIN b ON (a.id = b.id) WHERE b.val > 5
```

и возможно, даже этому:

```
FROM a NATURAL JOIN b WHERE b.val > 5
```

Какой вариант выбрать, в основном дело вкуса и стиля. Вариант с `JOIN` внутри предложения `FROM`, возможно, не лучший с точки зрения совместимости с другими СУБД, хотя он и описан в стандарте SQL. Но для внешних соединений других вариантов нет: их можно записывать только во `FROM`. Предложения `ON` и `USING` во внешних соединениях *не* равнозначны условию `WHERE`, так как они могут добавлять строки (для входных строк без соответствия), а также удалять их из конечного результата.

Несколько примеров запросов с `WHERE`:

```

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 > 5

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (1, 2, 3)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (SELECT c1 FROM t2)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 IN (SELECT c3 FROM t2 WHERE c2 = fdt.c1 + 10)

SELECT ... FROM fdt WHERE c1 BETWEEN
  (SELECT c3 FROM t2 WHERE c2 = fdt.c1 + 10) AND 100

SELECT ... FROM fdt WHERE EXISTS (SELECT c1 FROM t2 WHERE c2 > fdt.c1)

```

`fdt` — название таблицы, порождённой в предложении `FROM`. Строки, которые не соответствуют условию `WHERE`, исключаются из `fdt`. Обратите внимание, как в качестве выражений значения используются скалярные подзапросы. Как и любые другие запросы, подзапросы могут содержать сложные табличные выражения. Заметьте также, что `fdt` используется в подзапросах. Дополнение имени `c1` в виде `fdt.c1` необходимо только, если в порождённой таблице в подзапросе также оказывается столбец `c1`. Полное имя придаёт ясность даже там, где без него можно обойтись. Этот пример показывает, как область именования столбцов внешнего запроса распространяется на все вложенные в него внутренние запросы.

7.2.3. Предложения `GROUP BY` и `HAVING`

Строки порождённой входной таблицы, прошедшие фильтр `WHERE`, можно сгруппировать с помощью предложения `GROUP BY`, а затем оставить в результате только нужные группы строк, используя предложение `HAVING`.

```

SELECT список_выборки
  FROM ...
  [WHERE ...]
  GROUP BY группирующий_столбец [, группирующий_столбец]...

```

«Предложение `GROUP BY`» группирует строки таблицы, объединяя их в одну группу при совпадении значений во всех перечисленных столбцах. Порядок, в котором указаны столбцы, не имеет значения. В результате наборы строк с одинаковыми значениями преобразуются в отдельные строки, представляющие все строки группы. Это может быть полезно для устранения избыточности выходных данных и/или для вычисления агрегатных функций, применённых к этим группам. Например:

```

=> SELECT * FROM test1;
  x | y
---+---
  a | 3
  c | 2
  b | 5
  a | 1
(4 rows)

=> SELECT x FROM test1 GROUP BY x;
  x
---
  a
  b
  c
(3 rows)

```

Во втором запросе мы не могли написать `SELECT * FROM test1 GROUP BY x`, так как для столбца `y` нет единого значения, связанного с каждой группой. Однако столбцы, по которым выполняется группировка, можно использовать в списке выборки, так как они имеют единственное значение в каждой группе.

Вообще говоря, в группированной таблице столбцы, не включённые в список `GROUP BY`, можно использовать только в агрегатных выражениях. Пример такого агрегатного выражения:

```
=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x;
```

```
x | sum
---+-----
a |    4
b |    5
c |    2
(3 rows)
```

Здесь `sum` — агрегатная функция, вычисляющая единственное значение для всей группы. Подробную информацию о существующих агрегатных функциях можно найти в Разделе 9.20.

Подсказка

Группировка без агрегатных выражений по сути выдаёт набор различающихся значений столбцов. Этот же результат можно получить с помощью предложения `DISTINCT` (см. Подраздел 7.3.3).

Взгляните на следующий пример: в нём вычисляется общая сумма продаж по каждому продукту (а не общая сумма по всем продуктам):

```
SELECT product_id, p.name, (sum(s.units) * p.price) AS sales
FROM products p LEFT JOIN sales s USING (product_id)
GROUP BY product_id, p.name, p.price;
```

В этом примере столбцы `product_id`, `p.name` и `p.price` должны присутствовать в списке `GROUP BY`, так как они используются в списке выборки. Столбец `s.units` может отсутствовать в списке `GROUP BY`, так как он используется только в агрегатном выражении (`sum(...)`), вычисляющем сумму продаж. Для каждого продукта этот запрос возвращает строку с итоговой суммой по всем продажам данного продукта.

Если бы в таблице `products` по столбцу `product_id` был создан первичный ключ, тогда в данном примере было бы достаточно сгруппировать строки по `product_id`, так как название и цена продукта *функционально зависят* от кода продукта и можно однозначно определить, какое название и цену возвращать для каждой группы по ID.

В стандарте SQL `GROUP BY` может группировать только по столбцам исходной таблицы, но расширение PostgreSQL позволяет использовать в `GROUP BY` столбцы из списка выборки. Также возможна группировка по выражениям, а не просто именам столбцов.

Если таблица была сгруппирована с помощью `GROUP BY`, но интерес представляют только некоторые группы, отфильтровать их можно с помощью предложения `HAVING`, действующего подобно `WHERE`. Записывается это так:

```
SELECT список_выборки FROM ... [WHERE ...] GROUP BY ...
HAVING логическое_выражение
```

В предложении `HAVING` могут использоваться и группирующие выражения, и выражения, не участвующие в группировке (в этом случае это должны быть агрегирующие функции).

Пример:

```
=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x HAVING sum(y) > 3;
```

```
x | sum
---+-----
a |    4
b |    5
```

(2 rows)

```
=> SELECT x, sum(y) FROM test1 GROUP BY x HAVING x < 'c';
```

x	sum
a	4
b	5

(2 rows)

И ещё один более реалистичный пример:

```
SELECT product_id, p.name, (sum(s.units) * (p.price - p.cost)) AS profit
  FROM products p LEFT JOIN sales s USING (product_id)
 WHERE s.date > CURRENT_DATE - INTERVAL '4 weeks'
 GROUP BY product_id, p.name, p.price, p.cost
 HAVING sum(p.price * s.units) > 5000;
```

В данном примере предложение `WHERE` выбирает строки по столбцу, не включённому в группировку (выражение истинно только для продаж за последние четыре недели), тогда как предложение `HAVING` отфильтровывает группы с общей суммой продаж больше 5000. Заметьте, что агрегатные выражения не обязательно должны быть одинаковыми во всех частях запроса.

Если в запросе есть вызовы агрегатных функций, но нет предложения `GROUP BY`, строки всё равно будут группироваться: в результате окажется одна строка группы (или возможно, ни одной строки, если эта строка будет отброшена предложением `HAVING`). Это справедливо и для запросов, которые содержат только предложение `HAVING`, но не содержат вызовы агрегатных функций и предложение `GROUP BY`.

7.2.4. GROUPING SETS, CUBE И ROLLUP

Более сложные, чем описанные выше, операции группировки возможны с концепцией *наборов группирования*. Данные, выбранные предложениями `FROM` и `WHERE`, группируются отдельно для каждого заданного набора группирования, затем для каждой группы вычисляются агрегатные функции как для простых предложений `GROUP BY`, и в конце возвращаются результаты. Например:

```
=> SELECT * FROM items_sold;
```

brand	size	sales
Foo	L	10
Foo	M	20
Bar	M	15
Bar	L	5

(4 rows)

```
=> SELECT brand, size, sum(sales) FROM items_sold GROUP BY GROUPING SETS ((brand),
  (size), ());
```

brand	size	sum
Foo		30
Bar		20
	L	15
	M	35
		50

(5 rows)

В каждом внутреннем списке `GROUPING SETS` могут задаваться ноль или более столбцов или выражений, которые воспринимаются так же, как если бы они были непосредственно записаны в предложении `GROUP BY`. Пустой набор группировки означает, что все строки сводятся к одной группе (которая выводится, даже если входных строк нет), как описано выше для агрегатных функций без предложения `GROUP BY`.

Ссылки на группирующие столбцы или выражения заменяются в результирующих строках значениями NULL для тех группирующих наборов, в которых эти столбцы отсутствуют. Чтобы можно было понять, результатом какого группирования стала конкретная выходная строка, предназначена функция, описанная в Таблице 9.56.

Для указания двух распространённых видов наборов группирования предусмотрена краткая запись. Предложение формы

```
ROLLUP ( e1, e2, e3, ... )
```

представляет заданный список выражений и всех префиксов списка, включая пустой список; то есть оно равнозначно записи

```
GROUPING SETS (
    ( e1, e2, e3, ... ),
    ...
    ( e1, e2 ),
    ( e1 ),
    ( )
)
```

Оно часто применяется для анализа иерархических данных, например, для суммирования зарплаты по отделам, подразделениям и компании в целом.

Предложение формы

```
CUBE ( e1, e2, ... )
```

представляет заданный список и все его возможные подмножества (степень множества). Таким образом, запись

```
CUBE ( a, b, c )
```

равнозначна

```
GROUPING SETS (
    ( a, b, c ),
    ( a, b ),
    ( a, c ),
    ( a ),
    ( b, c ),
    ( b ),
    ( c ),
    ( )
)
```

Элементами предложений CUBE и ROLLUP могут быть либо отдельные выражения, либо вложенные списки элементов в скобках. Вложенные списки обрабатываются как атомарные единицы, с которыми формируются отдельные наборы группирования. Например:

```
CUBE ( (a, b), (c, d) )
```

равнозначно

```
GROUPING SETS (
    ( a, b, c, d ),
    ( a, b ),
    ( c, d ),
    ( )
)
```

и

```
ROLLUP ( a, (b, c), d )
```

равнозначно

```
GROUPING SETS (
```

```
( a, b, c, d ),
( a, b, c      ),
( a           ),
(           )
)
```

Конструкции CUBE и ROLLUP могут применяться либо непосредственно в предложении GROUP BY, либо вкладываться внутрь предложения GROUPING SETS. Если одно предложение GROUPING SETS вкладывается внутрь другого, результат будет таким же, как если бы все элементы внутреннего предложения были записаны непосредственно во внешнем.

Если в одном предложении GROUP BY задаётся несколько элементов группирования, окончательный список наборов группирования образуется как прямое произведение этих элементов. Например:

```
GROUP BY a, CUBE (b, c), GROUPING SETS ((d), (e))
```

равнозначно

```
GROUP BY GROUPING SETS (
  (a, b, c, d), (a, b, c, e),
  (a, b, d),    (a, b, e),
  (a, c, d),    (a, c, e),
  (a, d),      (a, e)
)
```

Примечание

Конструкция (a, b) обычно воспринимается в выражениях как конструктор строки. Однако в предложении GROUP BY на верхнем уровне выражений запись (a, b) воспринимается как список выражений, как описано выше. Если вам по какой-либо причине *нужен* именно конструктор строки в выражении группирования, используйте запись ROW(a, b).

7.2.5. Обработка оконных функций

Если запрос содержит оконные функции (см. Раздел 3.5, Раздел 9.21 и Подраздел 4.2.8), эти функции вычисляются после каждой группировки, агрегатных выражений и фильтрации HAVING. Другими словами, если в запросе есть агрегатные функции, предложения GROUP BY или HAVING, оконные функции видят не исходные строки, полученные из FROM/WHERE, а сгруппированные.

Когда используются несколько оконных функций, все оконные функции, имеющие в своих определениях синтаксически равнозначные предложения PARTITION BY и ORDER BY, гарантированно обрабатывают данные за один проход. Таким образом, они увидят один порядок сортировки, даже если ORDER BY не определяет порядок однозначно. Однако относительно функций с разными формулировками PARTITION BY и ORDER BY никаких гарантий не даётся. (В таких случаях между проходами вычислений оконных функций обычно требуется дополнительный этап сортировки и эта сортировка может не сохранять порядок строк, равнозначный с точки зрения ORDER BY.)

В настоящее время оконные функции всегда требуют предварительно отсортированных данных, так что результат запроса будет отсортирован согласно тому или иному предложению PARTITION BY/ORDER BY оконных функций. Однако полагаться на это не следует. Если вы хотите, чтобы результаты сортировались определённым образом, явно добавьте предложение ORDER BY на верхнем уровне запроса.

7.3. Списки выборки

Как говорилось в предыдущем разделе, табличное выражение в SELECT создаёт промежуточную виртуальную таблицу, возможно объединяя таблицы, представления, группируя и исключая лиш-

ние строки и т. д. Полученная таблица передаётся для обработки в *список выборки*. Этот список выбирает, какие *столбцы* промежуточной таблицы должны выводиться в результате и как именно.

7.3.1. Элементы списка выборки

Простейший список выборки образует элемент `*`, который выбирает все столбцы из полученного табличного выражения. Список выборки также может содержать список выражений значения через запятую (как определено в Разделе 4.2). Например, это может быть список имён столбцов:

```
SELECT a, b, c FROM ...
```

Имена столбцов `a`, `b` и `c` представляют либо фактические имена столбцов таблиц, перечисленных в предложении `FROM`, либо их псевдонимы, определённые как описано в Подразделе 7.2.1.2. Пространство имён в списке выборки то же, что и в предложении `WHERE`, если не используется группировка. В противном случае оно совпадает с пространством имён предложения `HAVING`.

Если столбец с заданным именем есть в нескольких таблицах, необходимо также указать имя таблицы, например так:

```
SELECT tbl1.a, tbl2.a, tbl1.b FROM ...
```

Обращаясь к нескольким таблицам, бывает удобно получить сразу все столбцы одной из таблиц:

```
SELECT tbl1.*, tbl2.a FROM ...
```

Подробнее запись *имя_таблицы.** описывается в Подразделе 8.16.5.

Если в списке выборки используется обычное выражение значения, по сути при этом в возвращаемую таблицу добавляется новый виртуальный столбец. Выражение значения вычисляется один раз для каждой строки результата со значениями столбцов в данной строке. Хотя выражения в списке выборки не обязательно должны обращаться к столбцам табличного выражения из предложения `FROM`; они могут содержать, например и простые арифметические выражения.

7.3.2. Метки столбцов

Элементам в списке выборки можно назначить имена для последующей обработки, например, для указания в предложении `ORDER BY` или для вывода в клиентском приложении. Например:

```
SELECT a AS value, b + c AS sum FROM ...
```

Если выходное имя столбца не определено (с помощью `AS`), система назначает имя сама. Для простых ссылок на столбцы этим именем становится имя целевого столбца, а для вызовов функций это имя функции. Для сложных выражений система генерирует некоторое подходящее имя.

Слово `AS` можно опустить, но только если имя нового столбца не является ключевым словом PostgreSQL (см. Приложение C). Во избежание случайного совпадения имени с ключевым словом это имя можно заключить в кавычки. Например, `VALUE` — ключевое слово, поэтому такой вариант не будет работать:

```
SELECT a value, b + c AS sum FROM ...
```

а такой будет:

```
SELECT a "value", b + c AS sum FROM ...
```

Для предотвращения конфликта с ключевыми словами, которые могут появиться в будущем, рекомендуется всегда писать `AS` или заключать метки выходных столбцов в кавычки.

Примечание

Именованые выходных столбцов отличается от того, что происходит в предложении `FROM` (см. Подраздел 7.2.1.2). Один столбец можно переименовать дважды, но на выходе окажется имя, назначенное в списке выборки.

7.3.3. DISTINCT

После обработки списка выборки в результирующей таблице можно дополнительно исключить дублирующиеся строки. Для этого сразу после `SELECT` добавляется ключевое слово `DISTINCT`:

```
SELECT DISTINCT список_выборки ...
```

(Чтобы явно включить поведение по умолчанию, когда возвращаются все строки, вместо `DISTINCT` можно указать ключевое слово `ALL`.)

Две строки считаются разными, если они содержат различные значения минимум в одном столбце. При этом значения `NULL` полагаются равными.

Кроме того, можно явно определить, какие строки будут считаться различными, следующим образом:

```
SELECT DISTINCT ON (выражение [, выражение ...]) список_выборки ...
```

Здесь *выражение* — обычное выражение значения, вычисляемое для всех строк. Строки, для которых перечисленные выражения дают один результат, считаются дублирующимися и возвращается только первая строка из такого набора. Заметьте, что «первая строка» набора может быть любой, если только запрос не включает сортировку, гарантирующую однозначный порядок строк, поступающих в фильтр `DISTINCT`. (Обработка `DISTINCT ON` производится после сортировки `ORDER BY`.)

Предложение `DISTINCT ON` не описано в стандарте SQL и иногда его применение считается плохим стилем из-за возможной неопределённости в результатах. При разумном использовании `GROUP BY` и подзапросов во `FROM` можно обойтись без этой конструкции, но часто она бывает удобнее.

7.4. Сочетание запросов

Результаты двух запросов можно обработать, используя операции над множествами: объединение, пересечение и вычитание. Эти операции записываются соответственно так:

```
запрос1 UNION [ALL] запрос2
запрос1 INTERSECT [ALL] запрос2
запрос1 EXCEPT [ALL] запрос2
```

Здесь *запрос1* и *запрос2* — это запросы, в которых могут использоваться все возможности, рассмотренные до этого. Операции над множествами тоже можно вкладывать и соединять, например:

```
запрос1 UNION запрос2 UNION запрос3
```

Этот сложный запрос выполняется так:

```
(запрос1 UNION запрос2) UNION запрос3
```

`UNION` по сути добавляет результаты второго запроса к результатам первого (хотя никакой порядок возвращаемых строк при этом не гарантируется). Более того, эта операция убирает дублирующиеся строки из результата так же, как это делает `DISTINCT`, если только не указано `UNION ALL`.

`INTERSECT` возвращает все строки, содержащиеся в результате и первого, и второго запроса. Дублирующиеся строки отфильтровываются, если не указано `ALL`.

`EXCEPT` возвращает все строки, которые есть в результате первого запроса, но отсутствуют в результате второго. (Иногда это называют *разницей* двух запросов.) И здесь дублирующиеся строки отфильтровываются, если не указано `ALL`.

Чтобы можно было вычислить объединение, пересечение или разницу результатов двух запросов, эти запросы должны быть «совместимыми для объединения», что означает, что они должны иметь одинаковое число столбцов и соответствующие столбцы должны быть совместимых типов, как описывается в Разделе 10.5.

7.5. Сортировка строк

После того как запрос выдал таблицу результатов (после обработки списка выборки), её можно отсортировать. Если сортировка не задана, строки возвращаются в неопределённом порядке. Фактический порядок строк в этом случае будет зависеть от плана соединения и сканирования, а также от порядка данных на диске, поэтому полагаться на него нельзя. Определённый порядок выводимых строк гарантируется, только если этап сортировки задан явно.

Порядок сортировки определяет предложение `ORDER BY`:

```
SELECT список_выборки
FROM табличное_выражение
ORDER BY выражение_сортировки1 [ASC | DESC] [NULLS { FIRST | LAST }]
        [, выражение_сортировки2 [ASC | DESC] [NULLS { FIRST | LAST }] ...]
```

Выражениями сортировки могут быть любые выражения, допустимые в списке выборки запроса. Например:

```
SELECT a, b FROM table1 ORDER BY a + b, c;
```

Когда указывается несколько выражений, последующие значения позволяют отсортировать строки, в которых совпали все предыдущие значения. Каждое выражение можно дополнить ключевыми словами `ASC` или `DESC`, которые выбирают сортировку соответственно по возрастанию или убыванию. По умолчанию принят порядок по возрастанию (`ASC`). При сортировке по возрастанию сначала идут меньшие значения, где понятие «меньше» определяется оператором `<`. Подобным образом, сортировка по возрастанию определяется оператором `>`.¹

Для определения места значений `NULL` можно использовать указания `NULLS FIRST` и `NULLS LAST`, которые помещают значения `NULL` соответственно до или после значений не `NULL`. По умолчанию значения `NULL` считаются больше любых других, то есть подразумевается `NULLS FIRST` для порядка `DESC` и `NULLS LAST` в противном случае.

Заметьте, что порядки сортировки определяются независимо для каждого столбца. Например, `ORDER BY x, y DESC` означает `ORDER BY x ASC, y DESC`, и это не то же самое, что `ORDER BY x DESC, y DESC`.

Здесь `выражение_сортировки` может быть меткой столбца или номером выводимого столбца, как в данном примере:

```
SELECT a + b AS sum, c FROM table1 ORDER BY sum;
SELECT a, max(b) FROM table1 GROUP BY a ORDER BY 1;
```

Оба эти запроса сортируют результат по первому столбцу. Заметьте, что имя выводимого столбца должно оставаться само по себе, его нельзя использовать в выражении. Например, это *ошибка*:

```
SELECT a + b AS sum, c FROM table1 ORDER BY sum + c;           -- неправильно
```

Это ограничение позволяет уменьшить неоднозначность. Тем не менее неоднозначность возможна, когда в `ORDER BY` указано простое имя, но оно соответствует и имени выходного столбца, и столбцу из табличного выражения. В этом случае используется выходной столбец. Эта ситуация может возникнуть, только когда с помощью `AS` выходному столбцу назначается то же имя, что имеет столбец в другой таблице.

`ORDER BY` можно применить к результату комбинации `UNION`, `INTERSECT` и `EXCEPT`, но в этом случае возможна сортировка только по номерам или именам столбцов, но не по выражениям.

7.6. LIMIT и OFFSET

Указания `LIMIT` и `OFFSET` позволяют получить только часть строк из тех, что выдал остальной запрос:

¹На деле PostgreSQL определяет порядок сортировки для `ASC` и `DESC` по классу оператора *B-дерева* по умолчанию для типа данных выражения. Обычно типы данных создаются так, что этому порядку соответствуют операторы `<` и `>`, но возможно разработать собственный тип данных, который будет вести себя по-другому.

```
SELECT список_выборки
FROM табличное_выражение
[ ORDER BY ... ]
[ LIMIT { число | ALL } ] [ OFFSET число ]
```

Если указывается число `LIMIT`, в результате возвращается не больше заданного числа строк (меньше может быть, если сам запрос выдал меньшее количество строк). `LIMIT ALL` равносильно отсутствию указания `LIMIT`, как и `LIMIT` с аргументом `NULL`.

`OFFSET` указывает пропустить указанное число строк, прежде чем начать выдавать строки. `OFFSET 0` равносильно отсутствию указания `OFFSET`, как и `OFFSET` с аргументом `NULL`.

Если указано и `OFFSET`, и `LIMIT`, сначала система пропускает `OFFSET` строк, а затем начинает подсчитывать строки для ограничения `LIMIT`.

Применяя `LIMIT`, важно использовать также предложение `ORDER BY`, чтобы строки результата выдавались в определённом порядке. Иначе будут возвращаться непредсказуемые подмножества строк. Вы можете запросить строки с десятой по двадцатую, но какой порядок вы имеете в виду? Порядок будет неизвестен, если не добавить `ORDER BY`.

Оптимизатор запроса учитывает ограничение `LIMIT`, строя планы выполнения запросов, поэтому вероятнее всего планы (а значит и порядок строк) будут меняться при разных `LIMIT` и `OFFSET`. Таким образом, различные значения `LIMIT/OFFSET`, выбирающие разные подмножества результатов запроса, *приведут к несогласованности результатов*, если не установить предсказуемую сортировку с помощью `ORDER BY`. Это не ошибка, а неизбежное следствие того, что SQL не гарантирует вывод результатов запроса в некотором порядке, если порядок не определён явно предложением `ORDER BY`.

Строки, пропускаемые согласно предложению `OFFSET`, тем не менее должны вычисляться на сервере. Таким образом, при больших значениях `OFFSET` работает неэффективно.

7.7. Списки VALUES

Предложение `VALUES` позволяет создать «постоянную таблицу», которую можно использовать в запросе, не создавая и не наполняя таблицу в БД. Синтаксис предложения:

```
VALUES ( выражение [, ...] ) [, ...]
```

Для каждого списка выражений в скобках создаётся строка таблицы. Все списки должны иметь одинаковое число элементов (т. е. число столбцов в таблице) и соответствующие элементы во всех списках должны иметь совместимые типы данных. Фактический тип данных столбцов результата определяется по тем же правилам, что и для `UNION` (см. Раздел 10.5).

Как пример:

```
VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three');
```

вернёт таблицу из двух столбцов и трёх строк. Это равносильно такому запросу:

```
SELECT 1 AS column1, 'one' AS column2
UNION ALL
SELECT 2, 'two'
UNION ALL
SELECT 3, 'three';
```

По умолчанию PostgreSQL назначает столбцам таблицы `VALUES` имена `column1`, `column2` и т. д. Имена столбцов не определены в стандарте SQL и в другой СУБД они могут быть другими, поэтому обычно лучше переопределить имена списком псевдонимов, например так:

```
=> SELECT * FROM (VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three')) AS t (num, letter);
 num | letter
-----+-----
```

```

1 | one
2 | two
3 | three
(3 rows)

```

Синтаксически список `VALUES` с набором выражений равнозначен:

```
SELECT список_выборки FROM табличное_выражение
```

и допускается везде, где допустим `SELECT`. Например, вы можете использовать его в составе `UNION` или добавить к нему *определение_сортировки* (`ORDER BY`, `LIMIT` и/или `OFFSET`). `VALUES` чаще всего используется как источник данных для команды `INSERT`, а также как подзапрос.

За дополнительными сведениями обратитесь к справке `VALUES`.

7.8. Запросы WITH (Общие табличные выражения)

`WITH` предоставляет способ записывать дополнительные операторы для применения в больших запросах. Эти операторы, которые также называют общими табличными выражениями (Common Table Expressions, CTE), можно представить как определения временных таблиц, существующих только для одного запроса. Дополнительным оператором в предложении `WITH` может быть `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`, а само предложение `WITH` присоединяется к основному оператору, которым также может быть `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`.

7.8.1. SELECT в WITH

Основное предназначение `SELECT` в предложении `WITH` заключается в разбиении сложных запросов на простые части. Например, запрос:

```

WITH regional_sales AS (
    SELECT region, SUM(amount) AS total_sales
    FROM orders
    GROUP BY region
), top_regions AS (
    SELECT region
    FROM regional_sales
    WHERE total_sales > (SELECT SUM(total_sales)/10 FROM regional_sales)
)
SELECT region,
       product,
       SUM(quantity) AS product_units,
       SUM(amount) AS product_sales
FROM orders
WHERE region IN (SELECT region FROM top_regions)
GROUP BY region, product;

```

выводит итоги по продажам только для передовых регионов. Предложение `WITH` определяет два дополнительных оператора `regional_sales` и `top_regions` так, что результат `regional_sales` используется в `top_regions`, а результат `top_regions` используется в основном запросе `SELECT`. Этот пример можно было бы переписать без `WITH`, но тогда нам понадобятся два уровня вложенных подзапросов `SELECT`. Показанным выше способом это можно сделать немного проще.

Необязательное указание `RECURSIVE` превращает `WITH` из просто удобной синтаксической конструкции в средство реализации того, что невозможно в стандартном SQL. Используя `RECURSIVE`, запрос `WITH` может обращаться к собственному результату. Очень простой пример, суммирующий числа от 1 до 100:

```

WITH RECURSIVE t(n) AS (
    VALUES (1)
    UNION ALL
    SELECT n+1 FROM t WHERE n < 100

```

```
)
SELECT sum(n) FROM t;
```

В общем виде рекурсивный запрос `WITH` всегда записывается как *не рекурсивная часть*, потом `UNION` (или `UNION ALL`), а затем *рекурсивная часть*, где только в рекурсивной части можно обратиться к результату запроса. Такой запрос выполняется следующим образом:

Вычисление рекурсивного запроса

1. Вычисляется не рекурсивная часть. Для `UNION` (но не `UNION ALL`) отбрасываются дублирующиеся строки. Все оставшиеся строки включаются в результат рекурсивного запроса и также помещаются во временную *рабочую таблицу*.
2. Пока рабочая таблица не пуста, повторяются следующие действия:
 - a. Вычисляется рекурсивная часть так, что рекурсивная ссылка на сам запрос обращается к текущему содержимому рабочей таблицы. Для `UNION` (но не `UNION ALL`) отбрасываются дублирующиеся строки и строки, дублирующие ранее полученные. Все оставшиеся строки включаются в результат рекурсивного запроса и также помещаются во временную *промежуточную таблицу*.
 - b. Содержимое рабочей таблицы заменяется содержимым промежуточной таблицы, а затем промежуточная таблица очищается.

Примечание

Строго говоря, этот процесс является итерационным, а не рекурсивным, но комитетом по стандартам SQL был выбран термин `RECURSIVE`.

В показанном выше примере в рабочей таблице на каждом этапе содержится всего одна строка и в ней последовательно накапливаются значения от 1 до 100. На сотом шаге, благодаря условию `WHERE`, не возвращается ничего, так что вычисление запроса завершается.

Рекурсивные запросы обычно применяются для работы с иерархическими или древовидными структурами данных. В качестве полезного примера можно привести запрос, находящий все непосредственные и косвенные составные части продукта, используя только таблицу с прямыми связями:

```
WITH RECURSIVE included_parts(sub_part, part, quantity) AS (
    SELECT sub_part, part, quantity FROM parts WHERE part = 'our_product'
    UNION ALL
    SELECT p.sub_part, p.part, p.quantity
    FROM included_parts pr, parts p
    WHERE p.part = pr.sub_part
)
SELECT sub_part, SUM(quantity) as total_quantity
FROM included_parts
GROUP BY sub_part
```

Работая с рекурсивными запросами, важно обеспечить, чтобы рекурсивная часть запроса в конце концов не выдала никаких кортежей (строк), в противном случае цикл будет бесконечным. Иногда для этого достаточно применять `UNION` вместо `UNION ALL`, так как при этом будут отбрасываться строки, которые уже есть в результате. Однако часто в цикле выдаются строки, не совпадающие полностью с предыдущими: в таких случаях может иметь смысл проверить одно или несколько полей, чтобы определить, не была ли текущая точка достигнута раньше. Стандартный способ решения подобных задач — вычислить массив с уже обработанными значениями. Например, рассмотрите следующий запрос, просматривающий таблицу `graph` по полю `link`:

```
WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1
```



```

FROM graph g
UNION ALL
SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1
FROM graph g, search_graph sg
WHERE g.id = sg.link
)
SELECT * FROM search_graph;

```

Этот запрос заиклится, если связи `link` содержат циклы. Так как нам нужно получать в результате «depth», одно лишь изменение `UNION ALL` на `UNION` не позволит избежать заикливания. Вместо этого мы должны как-то определить, что уже достигали текущей строки, пройдя некоторый путь. Для этого мы добавляем два столбца `path` и `cycle` и получаем запрос, защищённый от заикливания:

```

WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth, path, cycle) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1,
        ARRAY[g.id],
        false
    FROM graph g
    UNION ALL
    SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1,
        path || g.id,
        g.id = ANY(path)
    FROM graph g, search_graph sg
    WHERE g.id = sg.link AND NOT cycle
)
SELECT * FROM search_graph;

```

Помимо предотвращения циклов, значения массива часто бывают полезны сами по себе для представления «пути», приведшего к определённой строке.

В общем случае, когда для выявления цикла нужно проверять несколько полей, следует использовать массив строк. Например, если нужно сравнить поля `f1` и `f2`:

```

WITH RECURSIVE search_graph(id, link, data, depth, path, cycle) AS (
    SELECT g.id, g.link, g.data, 1,
        ARRAY[ROW(g.f1, g.f2)],
        false
    FROM graph g
    UNION ALL
    SELECT g.id, g.link, g.data, sg.depth + 1,
        path || ROW(g.f1, g.f2),
        ROW(g.f1, g.f2) = ANY(path)
    FROM graph g, search_graph sg
    WHERE g.id = sg.link AND NOT cycle
)
SELECT * FROM search_graph;

```

Подсказка

Часто для распознавания цикла достаточно одного поля и тогда `ROW()` можно опустить. При этом будет использоваться не массив данных составного типа, а простой массив, что более эффективно.

Подсказка

Этот алгоритм рекурсивного вычисления запроса выдаёт в результате узлы, упорядоченные по пути погружения. Чтобы получить результаты, отсортированные по глуби-

не, можно добавить во внешний запрос `ORDER BY` по столбцу «path», полученному, как показано выше.

Для тестирования запросов, которые могут заикливаться, есть хороший приём — добавить `LIMIT` в родительский запрос. Например, следующий запрос заиклится, если не добавить предложение `LIMIT`:

```
WITH RECURSIVE t(n) AS (
  SELECT 1
  UNION ALL
  SELECT n+1 FROM t
)
SELECT n FROM t LIMIT 100;
```

Но в данном случае этого не происходит, так как в PostgreSQL запрос `WITH` выдаёт столько строк, сколько фактически принимает родительский запрос. В производственной среде использовать этот приём не рекомендуется, так как другие системы могут вести себя по-другому. Кроме того, это не будет работать, если внешний запрос сортирует результаты рекурсивного запроса или соединяет их с другой таблицей, так как в подобных случаях внешний запрос обычно всё равно выбирает результат запроса `WITH` полностью.

Запросы `WITH` имеют полезное свойство — они вычисляются только раз для всего родительского запроса, даже если этот запрос или соседние запросы `WITH` обращаются к ним неоднократно. Таким образом, сложные вычисления, результаты которых нужны в нескольких местах, можно выносить в запросы `WITH` в целях оптимизации. Кроме того, такие запросы позволяют избежать нежелательных вычислений функций с побочными эффектами. Однако есть и обратная сторона — оптимизатор не может распространить ограничения родительского запроса на запрос `WITH` так, как он делает это для обычного подзапроса. Запрос `WITH` обычно выполняется буквально и возвращает все строки, включая те, что потом может отбросить родительский запрос. (Но как было сказано выше, вычисление может остановиться раньше, если в ссылке на этот запрос затребуются только ограниченное число строк.)

Примеры выше показывают только предложение `WITH` с `SELECT`, но таким же образом его можно использовать с командами `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. В каждом случае он по сути создаёт временную таблицу, к которой можно обратиться в основной команде.

7.8.2. Изменение данных в `WITH`

В предложении `WITH` можно также использовать операторы, изменяющие данные (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`). Это позволяет выполнять в одном запросе сразу несколько разных операций. Например:

```
WITH moved_rows AS (
  DELETE FROM products
  WHERE
    "date" >= '2010-10-01' AND
    "date" < '2010-11-01'
  RETURNING *
)
INSERT INTO products_log
SELECT * FROM moved_rows;
```

Этот запрос фактически перемещает строки из `products` в `products_log`. Оператор `DELETE` в `WITH` удаляет указанные строки из `products` и возвращает их содержимое в предложении `RETURNING`; а затем главный запрос читает это содержимое и вставляет в таблицу `products_log`.

Следует заметить, что предложение `WITH` в данном случае присоединяется к оператору `INSERT`, а не к `SELECT`, вложенному в `INSERT`. Это необходимо, так как `WITH` может содержать операторы, изменяющие данные, только на верхнем уровне запроса. Однако при этом применяются обычные

правила видимости `WITH`, так что к результату `WITH` можно обратиться и из вложенного оператора `SELECT`.

Операторы, изменяющие данные, в `WITH` обычно дополняются предложением `RETURNING` (см. Раздел 6.4), как показано в этом примере. Важно понимать, что временная таблица, которую можно будет использовать в остальном запросе, создаётся из результата `RETURNING`, а не целевой таблицы оператора. Если оператор, изменяющий данные, в `WITH` не дополнен предложением `RETURNING`, временная таблица не создаётся и обращаться к ней в остальном запросе нельзя. Однако такой запрос всё равно будет выполнен. Например, допустим следующий не очень практичный запрос:

```
WITH t AS (
    DELETE FROM foo
)
DELETE FROM bar;
```

Он удалит все строки из таблиц `foo` и `bar`. При этом число задействованных строк, которое получит клиент, будет подсчитываться только по строкам, удалённым из `bar`.

Рекурсивные ссылки в операторах, изменяющих данные, не допускаются. В некоторых случаях это ограничение можно обойти, обратившись к конечному результату рекурсивного `WITH`, например так:

```
WITH RECURSIVE included_parts(sub_part, part) AS (
    SELECT sub_part, part FROM parts WHERE part = 'our_product'
    UNION ALL
    SELECT p.sub_part, p.part
    FROM included_parts pr, parts p
    WHERE p.part = pr.sub_part
)
DELETE FROM parts
WHERE part IN (SELECT part FROM included_parts);
```

Этот запрос удаляет все непосредственные и косвенные составные части продукта.

Операторы, изменяющие данные в `WITH`, выполняются только один раз и всегда полностью, вне зависимости от того, принимает ли их результат основной запрос. Заметьте, что это отличается от поведения `SELECT` в `WITH`: как говорилось в предыдущем разделе, `SELECT` выполняется только до тех пор, пока его результаты востребованы основным запросом.

Вложенные операторы в `WITH` выполняются одновременно друг с другом и с основным запросом. Таким образом, порядок, в котором операторы в `WITH` будут фактически изменять данные, непредсказуем. Все эти операторы выполняются с одним *снимком данных* (см. Главу 13), так что они не могут «видеть», как каждый из них меняет целевые таблицы. Это уменьшает эффект непредсказуемости фактического порядка изменения строк и означает, что `RETURNING` — единственный вариант передачи изменений от вложенных операторов `WITH` основному запросу. Например, в данном случае:

```
WITH t AS (
    UPDATE products SET price = price * 1.05
    RETURNING *
)
SELECT * FROM products;
```

внешний оператор `SELECT` выдаст цены, которые были до действия `UPDATE`, тогда как в запросе

```
WITH t AS (
    UPDATE products SET price = price * 1.05
    RETURNING *
)
SELECT * FROM t;
```

внешний `SELECT` выдаст изменённые данные.

Неоднократное изменение одной и той же строки в рамках одного оператора не поддерживается. Иметь место будет только одно из нескольких изменений и надёжно определить, какое именно, часто довольно сложно (а иногда и вовсе невозможно). Это так же касается случая, когда строка удаляется и изменяется в том же операторе: в результате может быть выполнено только обновление. Поэтому в общем случае следует избегать подобного наложения операций. В частности, избегайте подзапросов `WITH`, которые могут повлиять на строки, изменяемые основным оператором или операторами, вложенные в него. Результат действия таких запросов будет непредсказуемым.

В настоящее время, для оператора, изменяющего данные в `WITH`, в качестве целевой нельзя использовать таблицу, для которой определено условное правило или правило `ALSO` или `INSTEAD`, если оно состоит из нескольких операторов.

Глава 8. Типы данных

PostgreSQL предоставляет пользователям богатый ассортимент встроенных типов данных. Кроме того, пользователи могут создавать свои типы в PostgreSQL, используя команду CREATE TYPE.

Таблица 8.1 содержит все встроенные типы данных общего пользования. Многие из альтернативных имён, приведённых в столбце «Псевдонимы», используются внутри PostgreSQL по историческим причинам. В этот список не включены некоторые устаревшие типы и типы для внутреннего применения.

Таблица 8.1. Типы данных

Имя	Псевдонимы	Описание
bigint	int8	знаковое целое из 8 байт
bigserial	serial8	восьмибайтное целое с автоувеличением
bit [(n)]		битовая строка фиксированной длины
bit varying [(n)]	varbit [(n)]	битовая строка переменной длины
boolean	bool	логическое значение (true/false)
box		прямоугольник в плоскости
bytea		двоичные данные («массив байт»)
character [(n)]	char [(n)]	символьная строка фиксированной длины
character varying [(n)]	varchar [(n)]	символьная строка переменной длины
cidr		сетевой адрес IPv4 или IPv6
circle		круг в плоскости
date		календарная дата (год, месяц, день)
double precision	float8	число двойной точности с плавающей точкой (8 байт)
inet		адрес узла IPv4 или IPv6
integer	int, int4	знаковое четырёхбайтное целое
interval [поля] [(p)]		интервал времени
json		текстовые данные JSON
jsonb		двоичные данные JSON, разобранные
line		прямая в плоскости
lseg		отрезок в плоскости
macaddr		MAC-адрес
macaddr8		Адрес MAC (Media Access Control) (в формате EUI-64)
money		денежная сумма
numeric [(p, s)]	decimal [(p, s)]	вещественное число заданной точности

Имя	Псевдонимы	Описание
path		геометрический путь в плоскости
pg_lsn		Последовательный номер в журнале PostgreSQL
point		геометрическая точка в плоскости
polygon		замкнутый геометрический путь в плоскости
real	float4	число одинарной точности с плавающей точкой (4 байта)
smallint	int2	знаковое двухбайтное целое
smallserial	serial2	двухбайтное целое с автоувеличением
serial	serial4	четырёхбайтное целое с автоувеличением
text		символьная строка переменной длины
time [(p)] [without time zone]		время суток (без часового пояса)
time [(p)] with time zone	timetz	время суток с учётом часового пояса
timestamp [(p)] [without time zone]		дата и время (без часового пояса)
timestamp [(p)] with time zone	timestampz	дата и время с учётом часового пояса
tsquery		запрос текстового поиска
tsvector		документ для текстового поиска
txid_snapshot		снимок идентификатора транзакций
uuid		универсальный уникальный идентификатор
xml		XML-данные

Совместимость

В стандарте SQL описаны следующие типы (или их имена): bigint, bit, bit varying, boolean, char, character varying, character, varchar, date, double precision, integer, interval, numeric, decimal, real, smallint, time (с часовым поясом и без), timestamp (с часовым поясом и без), xml.

Каждый тип данных имеет внутреннее представление, скрытое функциями ввода и вывода. При этом многие встроенные типы стандартны и имеют очевидные внешние форматы. Однако есть типы, уникальные для PostgreSQL, например геометрические пути, и есть типы, которые могут иметь разные форматы, например, дата и время. Некоторые функции ввода и вывода не являются в точности обратными друг к другу, то есть результат функции вывода может не совпадать со входным значением из-за потери точности.

8.1. Числовые типы

Числовые типы включают двух-, четырёх- и восьмибайтные целые, четырёх- и восьмибайтные числа с плавающей точкой, а также десятичные числа с задаваемой точностью. Все эти типы перечислены в Таблице 8.2.

Таблица 8.2. Числовые типы

Имя	Размер	Описание	Диапазон
<code>smallint</code>	2 байта	целое в небольшом диапазоне	-32768 .. +32767
<code>integer</code>	4 байта	типичный выбор для целых чисел	-2147483648 .. +2147483647
<code>bigint</code>	8 байт	целое в большом диапазоне	-9223372036854775808 .. 9223372036854775807
<code>decimal</code>	переменный	вещественное число с указанной точностью	до 131072 цифр до десятичной точки и до 16383 — после
<code>numeric</code>	переменный	вещественное число с указанной точностью	до 131072 цифр до десятичной точки и до 16383 — после
<code>real</code>	4 байта	вещественное число с переменной точностью	точность в пределах 6 десятичных цифр
<code>double precision</code>	8 байт	вещественное число с переменной точностью	точность в пределах 15 десятичных цифр
<code>smallserial</code>	2 байта	небольшое целое с автоувеличением	1 .. 32767
<code>serial</code>	4 байта	целое с автоувеличением	1 .. 2147483647
<code>bigserial</code>	8 байт	большое целое с автоувеличением	1 .. 9223372036854775807

Синтаксис констант числовых типов описан в Подразделе 4.1.2. Для этих типов определён полный набор соответствующих арифметических операторов и функций. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 9. Подробнее эти типы описаны в следующих разделах.

8.1.1. Целочисленные типы

Типы `smallint`, `integer` и `bigint` хранят целые числа, то есть числа без дробной части, имеющие разные допустимые диапазоны. Попытка сохранить значение, выходящее за рамки диапазона, приведёт к ошибке.

Чаще всего используется тип `integer`, как наиболее сбалансированный выбор ширины диапазона, размера и быстродействия. Тип `smallint` обычно применяется, только когда крайне важно уменьшить размер данных на диске. Тип `bigint` предназначен для тех случаев, когда числа не уместятся в диапазон типа `integer`.

В SQL определены только типы `integer` (или `int`), `smallint` и `bigint`. Имена типов `int2`, `int4` и `int8` выходят за рамки стандарта, хотя могут работать и в некоторых других СУБД.

8.1.2. Числа с произвольной точностью

Тип `numeric` позволяет хранить числа с очень большим количеством цифр. Он особенно рекомендуется для хранения денежных сумм и других величин, где важна точность. Вычисления с типом `numeric` дают точные результаты, где это возможно, например, при сложении, вычитании и умно-

жении. Однако операции со значениями `numeric` выполняются гораздо медленнее, чем с целыми числами или с типами с плавающей точкой, описанными в следующем разделе.

Ниже мы используем следующие термины: *масштаб* значения `numeric` определяет количество десятичных цифр в дробной части, справа от десятичной точки, а *точность* — общее количество значимых цифр в числе, т. е. количество цифр по обе стороны десятичной точки. Например, число 23.5141 имеет точность 6 и масштаб 4. Целочисленные значения можно считать числами с масштабом 0.

Для столбца типа `numeric` можно настроить и максимальную точность, и максимальный масштаб. Столбец типа `numeric` объявляется следующим образом:

```
NUMERIC (точность, масштаб)
```

Точность должна быть положительной, а масштаб положительным или равным нулю. Альтернативный вариант

```
NUMERIC (точность)
```

устанавливает масштаб 0. Форма:

```
NUMERIC
```

без указания точности и масштаба создаёт столбец, в котором можно сохранять числовые значения любой точности и масштаба в пределах, поддерживаемых системой. В столбце этого типа входные значения не будут приводиться к какому-либо масштабу, тогда как в столбцах `numeric` с явно заданным масштабом значения подгоняются под этот масштаб. (Стандарт SQL утверждает, что по умолчанию должен устанавливаться масштаб 0, т. е. значения должны приводиться к целым числам. Однако мы считаем это не очень полезным. Если для вас важна переносимость, всегда указывайте точность и масштаб явно.)

Примечание

Максимально допустимая точность, которую можно указать в объявлении типа, равна 1000; если же использовать `NUMERIC` без указания точности, действуют ограничения, описанные в Таблице 8.2.

Если масштаб значения, которое нужно сохранить, превышает объявленный масштаб столбца, система округлит его до заданного количества цифр после точки. Если же после этого количество цифр слева в сумме с масштабом превысит объявленную точность, произойдёт ошибка.

Числовые значения физически хранятся без каких-либо дополняющих нулей слева или справа. Таким образом, объявляемые точность и масштаб столбца определяют максимальный, а не фиксированный размер хранения. (В этом смысле тип `numeric` больше похож на тип `varchar(n)`, чем на `char(n)`.) Действительный размер хранения такого значения складывается из двух байт для каждой группы из четырёх цифр и дополнительных трёх-восьми байт.

Помимо обычных чисел тип `numeric` позволяет сохранить специальное значение `NaN`, что означает «not-a-number» (не число). Любая операция с `NaN` выдаёт в результате тоже `NaN`. Записывая это значение в виде константы в команде SQL, его нужно заключать в апострофы, например так: `UPDATE table SET x = 'NaN'`. Регистр символов в строке `NaN` не важен.

Примечание

В большинстве реализаций «не-число» (`NaN`) считается не равным любому другому значению (в том числе и самому `NaN`). Чтобы значения `numeric` можно было сортировать и использовать в древовидных индексах, PostgreSQL считает, что значения `NaN` равны друг другу и при этом больше любых числовых значений (не `NaN`).

Типы `decimal` и `numeric` равнозначны. Оба эти типа описаны в стандарте SQL.

При округлении значений тип `numeric` выдаёт число, большее по модулю, тогда как (на большинстве платформ) типы `real` и `double precision` выдают ближайшее чётное число. Например:

```
SELECT x,
       round(x::numeric) AS num_round,
       round(x::double precision) AS dbl_round
FROM generate_series(-3.5, 3.5, 1) as x;
```

x	num_round	dbl_round
-3.5	-4	-4
-2.5	-3	-2
-1.5	-2	-2
-0.5	-1	-0
0.5	1	0
1.5	2	2
2.5	3	2
3.5	4	4

(8 rows)

8.1.3. Типы с плавающей точкой

Типы данных `real` и `double precision` хранят приближённые числовые значения с переменной точностью. На практике эти типы обычно реализуют Стандарт IEEE 754 для двоичной арифметики с плавающей точкой (с одинарной и двойной точностью соответственно), в той мере, в какой его поддерживают процессор, операционная система и компилятор.

Неточность здесь выражается в том, что некоторые значения, которые нельзя преобразовать во внутренний формат, сохраняются приближённо, так что полученное значение может несколько отличаться от записанного. Управление подобными ошибками и их распространение в процессе вычислений является предметом изучения целого раздела математики и компьютерной науки, и здесь не рассматривается. Мы отметим только следующее:

- Если вам нужна точность при хранении и вычислениях (например, для денежных сумм), используйте вместо этого тип `numeric`.
- Если вы хотите выполнять с этими типами сложные вычисления, имеющие большую важность, тщательно изучите реализацию операций в вашей среде и особенно поведение в крайних случаях (бесконечность, антипереполнение).
- Проверка равенства двух чисел с плавающей точкой может не всегда давать ожидаемый результат.

На большинстве платформ тип `real` может сохранить значения в пределах от $1\text{E}-37$ до $1\text{E}+37$ с точностью не меньше 6 десятичных цифр. Тип `double precision` предлагает диапазон значений от $1\text{E}-307$ до $1\text{E}+308$ и точностью не меньше 15 цифр. Попытка сохранить слишком большие или слишком маленькие значения приведёт к ошибке. Если точность вводимого числа слишком велика, оно будет округлено. При попытке сохранить число, близкое к 0, но непредставимое как отличное от 0, произойдёт ошибка антипереполнения.

Примечание

Параметр `extra_float_digits` определяет количество дополнительных значащих цифр при преобразовании значения с плавающей точкой в текст для вывода. Со значением по умолчанию (0) вывод будет одинаковым на всех платформах, поддерживаемых PostgreSQL. При его увеличении выводимое значение числа будет более точно представлять хранимое, но от этого может пострадать переносимость.

В дополнение к обычным числовым значениям типы с плавающей точкой могут содержать следующие специальные значения:

Infinity
-Infinity
NaN

Они представляют особые значения, описанные в IEEE 754, соответственно «бесконечность», «минус бесконечность» и «не число». (На компьютерах, где арифметика с плавающей точкой не соответствует стандарту IEEE 754, эти значения, вероятно, не будут работать должным образом.) Записывая эти значения в виде констант в команде SQL, их нужно заключать в апострофы, например так: `UPDATE table SET x = '-Infinity'`. Регистр символов в этих строках не важен.

Примечание

Согласно IEEE754, NaN не должно считаться равным любому другому значению с плавающей точкой (в том числе и самому NaN). Чтобы значения с плавающей точкой можно было сортировать и использовать в древовидных индексах, PostgreSQL считает, что значения NaN равны друг другу, и при этом больше любых числовых значений (не NaN).

PostgreSQL также поддерживает форматы `float` и `float(p)`, оговорённые в стандарте SQL, для указания неточных числовых типов. Здесь *p* определяет минимально допустимую точность в двоичных цифрах. PostgreSQL воспринимает запись от `float(1)` до `float(24)` как выбор типа `real`, а запись от `float(25)` до `float(53)` как выбор типа `double precision`. Значения *p* вне допустимого диапазона вызывают ошибку. Если `float` указывается без точности, подразумевается тип `double precision`.

Примечание

Предположение, что типы `real` и `double precision` имеют в мантиссе 24 и 53 бита соответственно, справедливо для всех реализаций плавающей точки по стандарту IEEE. На платформах, не поддерживающих IEEE, размер мантиссы может несколько отличаться, но для простоты диапазоны *p* везде считаются одинаковыми.

8.1.4. Последовательные типы

Примечание

В этом разделе описывается специфичный для PostgreSQL способ создания столбца с автоувеличением. Другой способ, соответствующий стандарту SQL, заключается в использовании столбцов идентификации и рассматривается в описании `CREATE TABLE`.

Типы данных `smallserial`, `serial` и `bigserial` не являются настоящими типами, а представляют собой просто удобное средство для создания столбцов с уникальными идентификаторами (подобное свойству `AUTO_INCREMENT` в некоторых СУБД). В текущей реализации запись:

```
CREATE TABLE имя_таблицы (
    имя_столбца SERIAL
);
```

равнозначна следующим командам:

```
CREATE SEQUENCE имя_таблицы_имя_столбца_seq;
CREATE TABLE имя_таблицы (
    имя_столбца integer NOT NULL DEFAULT nextval('имя_таблицы_имя_столбца_seq')
);
```

```
ALTER SEQUENCE имя_таблицы_имя_столбца_seq OWNED BY имя_таблицы.имя_столбца;
```

То есть при определении такого типа создаётся целочисленный столбец со значением по умолчанию, извлекаемым из генератора последовательности. Чтобы в столбец нельзя было вставить NULL, в его определение добавляется ограничение NOT NULL. (Во многих случаях также имеет смысл добавить для этого столбца ограничения UNIQUE или PRIMARY KEY для защиты от ошибочного добавления дублирующихся значений, но автоматически это не происходит.) Последняя команда определяет, что последовательность «принадлежит» столбцу, так что она будет удалена при удалении столбца или таблицы.

Примечание

Так как типы `smallserial`, `serial` и `bigserial` реализованы через последовательности, в числовом ряду значений столбца могут образовываться пропуски (или "дыры"), даже если никакие строки не удалялись. Значение, выделенное из последовательности, считается "задействованным", даже если строку с этим значением не удалось вставить в таблицу. Это может произойти, например, при откате транзакции, добавляющей данные. См. описание `nextval()` в Разделе 9.16.

Чтобы вставить в столбец `serial` следующее значение последовательности, ему нужно присвоить значение по умолчанию. Это можно сделать, либо исключив его из списка столбцов в операторе INSERT, либо с помощью ключевого слова DEFAULT.

Имена типов `serial` и `serial4` равнозначны: они создают столбцы `integer`. Так же являются синонимами имена `bigserial` и `serial8`, но они создают столбцы `bigint`. Тип `bigserial` следует использовать, если за всё время жизни таблицы планируется использовать больше чем 2^{31} значений. И наконец, синонимами являются имена типов `smallserial` и `serial2`, но они создают столбец `smallint`.

Последовательность, созданная для столбца `serial`, автоматически удаляется при удалении связанного столбца. Последовательность можно удалить и отдельно от столбца, но при этом также будет удалено определение значения по умолчанию.

8.2. Денежные типы

Тип `money` хранит денежную сумму с фиксированной дробной частью; см. Таблицу 8.3. Точность дробной части определяется на уровне базы данных параметром `lc_monetary`. Для диапазона, показанного в таблице, предполагается, что число содержит два знака после запятой. Входные данные могут быть записаны по-разному, в том числе в виде целых и дробных чисел, а также в виде строки в денежном формате, например '\$1,000.00'. Выводятся эти значения обычно в денежном формате, зависящем от региональных стандартов.

Таблица 8.3. Денежные типы

Имя	Размер	Описание	Диапазон
money	8 байт	денежная сумма	-92233720368547758.08 .. +92233720368547758.07

Так как выводимые значения этого типа зависят от региональных стандартов, попытка загрузить данные типа `money` в базу данных с другим параметром `lc_monetary` может быть неудачной. Во избежание подобных проблем, прежде чем восстанавливать копию в новую базу данных, убедитесь в том, что параметр `lc_monetary` в этой базе данных имеет то же значение, что и в исходной.

Значения типов `numeric`, `int` и `bigint` можно привести к типу `money`. Преобразования типов `real` и `double precision` так же возможны через тип `numeric`, например:

```
SELECT '12.34'::float8::numeric::money;
```

Однако использовать числа с плавающей точкой для денежных сумм не рекомендуется из-за возможных ошибок округления.

Значение `money` можно привести к типу `numeric` без потери точности. Преобразование в другие типы может быть неточным и также должно выполняться в два этапа:

```
SELECT '52093.89'::money::numeric::float8;
```

При делении значения типа `money` на целое число выполняется отбрасывание дробной части и получается целое, ближайшее к нулю. Чтобы получить результат с округлением, выполните деление значения с плавающей точкой или приведите значение типа `money` к `numeric` до деления, а затем приведите результат к типу `money`. (Последний вариант предпочтительнее, так как исключает риск потери точности.) Когда значение `money` делится на другое значение `money`, результатом будет значение типа `double precision` (то есть просто число, не денежная величина); денежные единицы измерения при делении сокращаются.

8.3. Символьные типы

Таблица 8.4. Символьные типы

Имя	Описание
<code>character varying(n), varchar(n)</code>	строка ограниченной переменной длины
<code>character(n), char(n)</code>	строка фиксированной длины, дополненная пробелами
<code>text</code>	строка неограниченной переменной длины

В Таблице 8.4 перечислены символьные типы общего назначения, доступные в PostgreSQL.

SQL определяет два основных символьных типа: `character varying( n )` и `character( n )`, где `n` — положительное число. Оба эти типа могут хранить текстовые строки длиной до `n` символов (не байт). Попытка сохранить в столбце такого типа более длинную строку приведёт к ошибке, если только все лишние символы не являются пробелами (тогда они будут усечены до максимально допустимой длины). (Это несколько странное исключение продиктовано стандартом SQL.) Если длина сохраняемой строки оказывается меньше объявленной, значения типа `character` будут дополняться пробелами; а тип `character varying` просто сохранит короткую строку.

При попытке явно привести значение к типу `character varying( n )` или `character( n )`, часть строки, выходящая за границу в `n` символов, удаляется, не вызывая ошибки. (Это также продиктовано стандартом SQL.)

Записи `varchar( n )` и `char( n )` являются синонимами `character varying( n )` и `character( n )`, соответственно. Записи `character` без указания длины соответствует `character( 1 )`. Если же длина не указывается для `character varying`, этот тип будет принимать строки любого размера. Это поведение является расширением PostgreSQL.

Помимо этого, PostgreSQL предлагает тип `text`, в котором можно хранить строки произвольной длины. Хотя тип `text` не описан в стандарте SQL, его поддерживают и некоторые другие СУБД SQL.

Значения типа `character` физически дополняются пробелами до `n` символов и хранятся, а затем отображаются в таком виде. Однако при сравнении двух значений типа `character` дополняющие пробелы считаются незначущими и игнорируются. С правилами сортировки, где пробельные символы являются значущими, это поведение может приводить к неожиданным результатам, например `SELECT 'a '::CHAR(2) collate "C" < E'a\n'::CHAR(2)` вернёт `true` (условие будет истинным), хотя в локали `C` символ пробела считается больше символа новой строки. При приведении значения `character` к другому символьному типу дополняющие пробелы отбрасываются. Заметьте, что

эти пробелы *несут* смысловую нагрузку в типах `character varying` и `text` и в проверках по шаблонам, то есть в `LIKE` и регулярных выражениях.

Для хранения короткой строки (до 126 байт) требуется дополнительный 1 байт плюс размер самой строки, включая дополняющие пробелы для типа `character`. Для строк длиннее требуется не 1, а 4 дополнительных байта. Система может автоматически сжимать длинные строки, так что физический размер на диске может быть меньше. Очень длинные текстовые строки переносятся в отдельные таблицы, чтобы они не замедляли работу с другими столбцами. В любом случае, максимально возможный размер строки составляет около 1 ГБ. (Допустимое значение *n* в объявлении типа данных меньше этого числа. Это объясняется тем, что в зависимости от кодировки каждый символ может занимать несколько байт. Если вы желаете сохранять строки без определённого предела длины, используйте типы `text` или `character varying` без указания длины, а не задавайте какое-либо большое максимальное значение.)

Подсказка

По быстродействию эти три типа практически не отличаются друг от друга, не считая большего размера хранения для типа с дополняющими пробелами и нескольких машинных операций для проверки длины при сохранении строк в столбце с ограниченной длиной. Хотя в некоторых СУБД тип `character(n)` работает быстрее других, в PostgreSQL это не так; на деле `character(n)` обычно оказывается медленнее остальных типов из-за большего размера данных и более медленной сортировки. В большинстве случаев вместо него лучше применять `text` или `character varying`.

Подробнее синтаксис текстовых строк описан в Подразделе 4.1.2.1, а доступные операторы и функции перечисляются в Главе 9. Кодировка, используемая для хранения текстовых строк, определяется набором символов, выбранным для базы данных. Подробнее это описано в Разделе 23.3.

Пример 8.1. Использование символьных типов

```
CREATE TABLE test1 (a character(4));
INSERT INTO test1 VALUES ('ok');
SELECT a, char_length(a) FROM test1; -- 1
```

a	char_length
ok	2

```
CREATE TABLE test2 (b varchar(5));
INSERT INTO test2 VALUES ('ok');
INSERT INTO test2 VALUES ('good ');
INSERT INTO test2 VALUES ('too long');
ОШИБКА: значение не укладывается в тип character varying(5)
INSERT INTO test2 VALUES ('too long'::varchar(5)); -- явное усечение
SELECT b, char_length(b) FROM test2;
```

b	char_length
ok	2
good	5
too l	5

1 Функция `char_length` рассматривается в Разделе 9.4.

В PostgreSQL есть ещё два символьных типа фиксированной длины, приведённые в Таблице 8.5. Тип `name` создан *только* для хранения идентификаторов во внутренних системных таблицах и не

предназначен для обычного применения пользователями. В настоящее время его длина составляет 64 байта (63 ASCII-символа плюс конечный знак), но в исходном коде с она задаётся константой `NAMEDATALEN`. Эта константа определяется во время компиляции (и её можно менять в особых случаях), а кроме того, максимальная длина по умолчанию может быть увеличена в следующих версиях. Тип `"char"` (обратите внимание на кавычки) отличается от `char(1)` тем, что он фактически хранится в одном байте. Он используется во внутренних системных таблицах для простых перечислений.

Таблица 8.5. Специальные символьные типы

Имя	Размер	Описание
<code>"char"</code>	1 байт	внутренний однобайтный тип
<code>name</code>	64 байта	внутренний тип для имён объектов

8.4. Двоичные типы данных

Для хранения двоичных данных предназначен тип `bytea`; см. Таблицу 8.6.

Таблица 8.6. Двоичные типы данных

Имя	Размер	Описание
<code>bytea</code>	1 или 4 байта плюс сама двоичная строка	двоичная строка переменной длины

Двоичные строки представляют собой последовательность октетов (байт) и имеют два отличия от текстовых строк. Во-первых, в двоичных строках можно хранить байты с кодом 0 и другими «непечатаемыми» значениями (обычно это значения вне десятичного диапазона 32..126). В текстовых строках нельзя сохранять нулевые байты, а также значения и последовательности значений, не соответствующие выбранной кодировке базы данных. Во-вторых, в операциях с двоичными строками обрабатываются байты в чистом виде, тогда как текстовые строки обрабатываются в зависимости от языковых стандартов. То есть, двоичные строки больше подходят для данных, которые программист видит как «просто байты», а символьные строки — для хранения текста.

Тип `bytea` поддерживает два формата ввода и вывода: «шестнадцатеричный» и традиционный для PostgreSQL формат «спецпоследовательностей». Входные данные принимаются в обоих форматах, а формат выходных данных зависит от параметра конфигурации `bytea_output`; по умолчанию выбран шестнадцатеричный. (Заметьте, что шестнадцатеричный формат был введён в PostgreSQL 9.0; в ранних версиях и некоторых программах он не будет работать.)

Стандарт SQL определяет другой тип двоичных данных, `BLOB` (`BINARY LARGE OBJECT`, большой двоичный объект). Его входной формат отличается от форматов `bytea`, но функции и операторы в основном те же.

8.4.1. Шестнадцатеричный формат `bytea`

В «шестнадцатеричном» формате двоичные данные кодируются двумя шестнадцатеричными цифрами на байт, при этом первая цифра соответствует старшим 4 битам. К полученной строке добавляется префикс `\x` (чтобы она отличалась от формата спецпоследовательности). В некоторых контекстах обратную косую черту нужно выделить, продублировав её, в тех же случаях это нужно сделать для формата спецпоследовательности; подробнее это описано ниже. Шестнадцатеричные цифры могут быть в любом регистре, а между парами цифр допускаются пробельные символы (но не внутри пары и не в начале последовательности `\x`). Этот формат совместим со множеством внешних приложений и протоколов, к тому же обычно преобразуется быстрее, поэтому предпочтительнее использовать его.

Пример:

```
SELECT '\xDEADBEEF';
```

8.4.2. Формат спецпоследовательностей bytea

Формат «спецпоследовательностей» традиционно использовался в PostgreSQL для значений типа `bytea`. В нём двоичная строка представляется в виде последовательности ASCII-символов, а байты, непредставимые в виде ASCII-символов, передаются в виде спецпоследовательностей. Этот формат может быть удобен, если с точки зрения приложения представление байт в виде символов имеет смысл. Но на практике это обычно создаёт путаницу, так как двоичные и символьные строки могут выглядеть одинаково, а кроме того выбранный механизм спецпоследовательностей довольно неуклюж. Поэтому в новых приложениях этот формат обычно не стоит использовать.

Передавая значения `bytea` в формате спецпоследовательности, байты с определёнными значениями *необходимо* записывать специальным образом, хотя так *можно* записывать и все значения. В общем виде для этого значение байта нужно преобразовать в трёхзначное восьмеричное число и добавить перед ним обратную косую черту (и продублировать её, если значение записывается в текстовой спецстроке). Саму обратную косую черту (символ с десятичным кодом 92) можно записать в виде двух таких символов. В Таблице 8.7 перечислены символы, которые нужно записывать спецпоследовательностями, и приведены альтернативные варианты записи там, где они возможны.

Таблица 8.7. Спецпоследовательности записи значений `bytea`

Десятичное значение байта	Описание	Спецпоследовательность ввода	Пример	Выводимое представление
0	нулевой байт	'\000'	SELECT '\000'::bytea;	\x00
39	апостроф	''' или '\047'	SELECT '''::bytea;	\x27
92	обратная косая черта	'\' или '\\134'	SELECT '\'::bytea;	\x5c
от 0 до 31 и от 127 до 255	«непечатаемые» байты	E'\\xxx' (восьмеричное значение)	SELECT '\001'::bytea;	\x01

Набор *непечатаемых* символов, которые нужно записывать спецпоследовательностями, определяется языковыми стандартами. В некоторых случаях можно оставить в буквальном виде и другие символы. Заметьте, что во всех примерах в Таблице 8.7 задаётся значение ровно одного байта, хотя выходное представление может состоять из нескольких символов.

Необходимость дублирования обратных косых черт в записи спецпоследовательностей, показанного в Таблице 8.7, объясняется тем, что строковая константа должна пройти два этапа разбора на сервере PostgreSQL. Первая обратная косая черта из каждой пары воспринимается анализатором строки как спецсимвол (если используется синтаксис спецпоследовательностей) и таким образом пропускается, оставляя только вторую косую черту. (Для избавления от этой вложенности можно использовать строки в долларах.) Оставшаяся обратная косая черта затем распознаётся функцией ввода `bytea` как спецсимвол, предвещающий трёхзначное восьмеричное значение или следующий спецсимвол. Например, переданная серверу строковая константа `'\001'` преобразуется в `\001`, проходя через анализатор спецстрок. Затем строка `\001` передаётся функции ввода типа `bytea`, где она преобразуется в один байт с десятичным значением 1. Заметьте, что символ апостроф для функции ввода `bytea` не отличается от остальных, поэтому он записывается как обычно принято в строках. (См. также Подраздел 4.1.2.1.)

Данные `Bytea` по умолчанию выводятся в шестнадцатеричном формате (`hex`). Если поменять значение `bytea_output` на `escape`, «непечатаемый» байт представляется в виде трёхзначного восьмеричного значения, перед которым добавляется одна обратная косая черта. Большинство «печатаемых» байтов представляются обычными символами из клиентского набора символов, например:

```
SET bytea_output = 'escape';
```

```
SELECT 'abc \153\154\155 \052\251\124'::bytea;
      bytea
-----
abc klm *\251T
```

Байт с десятичным кодом 92 (обратная косая черта) при выводе дублируется. Это иллюстрирует Таблица 8.8.

Таблица 8.8. Спецпоследовательности выходных значений bytea

Десятичное значение байта	Описание	Спецпоследовательность вывода	Пример	Выводимый результат
92	обратная косая черта	\\	SELECT '<134'::bytea;	\\
от 0 до 31 и от 127 до 255	«непечатаемые» байты	\\xxx (значение байта)	SELECT '\\001'::bytea;	\\001
от 32 до 126	«печатаемые» байты	представление из клиентского набора символов	SELECT '\\176'::bytea;	~

В зависимости от применяемой клиентской библиотеки PostgreSQL, для преобразования значений bytea в спецстроки и обратно могут потребоваться дополнительные действия. Например, если приложение сохраняет в строках символы перевода строк, возможно их также нужно будет представить спецпоследовательностями.

8.5. Типы даты/времени

PostgreSQL поддерживает полный набор типов даты и времени SQL, показанный в Таблице 8.9. Операции, возможные с этими типами данных, описаны в Разделе 9.9. Все даты считаются по Григорианскому календарю, даже для времени до его введения (за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу В.4).

Таблица 8.9. Типы даты/времени

Имя	Размер	Описание	Наименьшее значение	Наибольшее значение	Точность
timestamp [(p)] [without time zone]	8 байт	дата и время (без часового пояса)	4713 до н. э.	294276 н. э.	1 микросекунда
timestamp [(p)] with time zone	8 байт	дата и время (с часовым поясом)	4713 до н. э.	294276 н. э.	1 микросекунда
date	4 байта	дата (без времени суток)	4713 до н. э.	5874897 н. э.	1 день
time [(p)] [without time zone]	8 байт	время суток (без даты)	00:00:00	24:00:00	1 микросекунда
time [(p)] with time zone	12 байт	время дня (без даты), с часовым поясом	00:00:00+1459	24:00:00-1459	1 микросекунда
interval [поля] [(p)]	16 байт	временной интервал	-178000000 лет	178000000 лет	1 микросекунда

Примечание

Стандарт SQL требует, чтобы тип `timestamp` подразумевал `timestamp without time zone` (время без часового пояса), и PostgreSQL следует этому. Для краткости `timestamp with time zone` можно записать как `timestampz`; это расширение PostgreSQL.

Типы `time`, `timestamp` и `interval` принимают необязательное значение точности *p*, определяющее, сколько знаков после запятой должно сохраняться в секундах. По умолчанию точность не ограничивается. Допустимые значения *p* лежат в интервале от 0 до 6.

Тип `interval` дополнительно позволяет ограничить набор сохраняемых поле следующими фразами:

YEAR
MONTH
DAY
HOUR
MINUTE
SECOND
YEAR TO MONTH
DAY TO HOUR
DAY TO MINUTE
DAY TO SECOND
HOUR TO MINUTE
HOUR TO SECOND
MINUTE TO SECOND

Заметьте, что если указаны и *поля*, и точность *p*, указание *поля* должно включать `SECOND`, так как точность применима только к секундам.

Тип `time with time zone` определён стандартом SQL, но в его определении описаны свойства сомнительной ценности. В большинстве случаев сочетание типов `date`, `time`, `timestamp without time zone` и `timestamp with time zone` удовлетворяет все потребности в функционале дат/времени, возникающие в приложениях.

Типы `abstime` и `reltime` имеют меньшую точность и предназначены для внутреннего использования. Эти типы не рекомендуется использовать в обычных приложениях; их может не быть в будущих версиях.

8.5.1. Ввод даты/времени

Значения даты и времени принимаются практически в любом разумном формате, включая ISO 8601, SQL-совместимый, традиционный формат POSTGRES и другие. В некоторых форматах порядок даты, месяца и года во вводимой дате неоднозначен и поэтому поддерживается явное определение формата. Для этого предназначен параметр `DateStyle`. Когда он имеет значение `MDY`, выбирается интерпретация месяц-день-год, значению `DMY` соответствует день-месяц-год, а `YMD` — год-месяц-день.

PostgreSQL обрабатывает вводимые значения даты/времени более гибко, чем того требует стандарт SQL. Точные правила разбора даты/времени и распознаваемые текстовые поля, в том числе названия месяцев, дней недели и часовых поясов описаны в Приложении В.

Помните, что любые вводимые значения даты и времени нужно заключать в апострофы, как текстовые строки. За дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 4.1.2.7. SQL предусматривает следующий синтаксис:

```
тип [ (p) ] 'значение'
```

Здесь *p* — необязательное указание точности, определяющее число знаков после точки в секундах. Точность может быть определена для типов `time`, `timestamp` и `interval` в интервале от 0 до 6. Если

в определении константы точность не указана, она считается равной точности значения в строке (но не больше 6 цифр).

8.5.1.1. Даты

В Таблице 8.10 приведены некоторые допустимые значения типа `date`.

Таблица 8.10. Вводимые даты

Пример	Описание
1999-01-08	ISO 8601; 8 января в любом режиме (рекомендуемый формат)
January 8, 1999	воспринимается однозначно в любом режиме <code>datestyle</code>
1/8/1999	8 января в режиме <code>MDY</code> и 1 августа в режиме <code>DMY</code>
1/18/1999	18 января в режиме <code>MDY</code> ; недопустимая дата в других режимах
01/02/03	2 января 2003 г. в режиме <code>MDY</code> ; 1 февраля 2003 г. в режиме <code>DMY</code> и 3 февраля 2001 г. в режиме <code>YMD</code>
1999-Jan-08	8 января в любом режиме
Jan-08-1999	8 января в любом режиме
08-Jan-1999	8 января в любом режиме
99-Jan-08	8 января в режиме <code>YMD</code> ; ошибка в других режимах
08-Jan-99	8 января; ошибка в режиме <code>YMD</code>
Jan-08-99	8 января; ошибка в режиме <code>YMD</code>
19990108	ISO 8601; 8 января 1999 в любом режиме
990108	ISO 8601; 8 января 1999 в любом режиме
1999.008	год и день года
J2451187	дата по юлианскому календарю
January 8, 99 BC	99 до н. э.

8.5.1.2. Время

Для хранения времени суток без даты предназначены типы `time [ (p) ] without time zone` и `time [ (p) ] with time zone`. Тип `time` без уточнения эквивалентен типу `time without time zone`.

Допустимые вводимые значения этих типов состоят из записи времени суток и необязательного указания часового пояса. (См. Таблицу 8.11 и Таблицу 8.12.) Если в значении для типа `time without time zone` указывается часовой пояс, он просто игнорируется. Так же будет игнорироваться дата, если её указать, за исключением случаев, когда в указанном часовом поясе принят переход на летнее время, например `America/New_York`. В данном случае указать дату необходимо, чтобы система могла определить, применяется ли обычное или летнее время. Соответствующее смещение часового пояса записывается в значении `time with time zone`.

Таблица 8.11. Вводимое время

Пример	Описание
04:05:06.789	ISO 8601
04:05:06	ISO 8601
04:05	ISO 8601
040506	ISO 8601

Пример	Описание
04:05 AM	то же, что и 04:05; AM не меняет значение времени
04:05 PM	то же, что и 16:05; часы должны быть ≤ 12
04:05:06.789-8	ISO 8601
04:05:06-08:00	ISO 8601
04:05-08:00	ISO 8601
040506-08	ISO 8601
04:05:06 PST	часовой пояс задаётся аббревиатурой
2003-04-12 04:05:06 America/New_York	часовой пояс задаётся полным названием

Таблица 8.12. Вводимый часовой пояс

Пример	Описание
PST	аббревиатура (Pacific Standard Time, Стандартное тихоокеанское время)
America/New_York	полное название часового пояса
PST8PDT	указание часового пояса в стиле POSIX
-8:00	смещение часового пояса PST по ISO-8601
-800	смещение часового пояса PST по ISO-8601
-8	смещение часового пояса PST по ISO-8601
zulu	принятое у военных сокращение UTC
z	краткая форма zulu

Подробнее узнать о том, как указывается часовой пояс, можно в Подразделе 8.5.3.

8.5.1.3. Даты и время

Допустимые значения типов `timestamp` состоят из записи даты и времени, после которого может указываться часовой пояс и необязательное уточнение AD или BC, определяющее эпоху до нашей эры и нашу эру соответственно. (AD/BC можно указать и перед часовым поясом, но предпочтительнее первый вариант.) Таким образом:

1999-01-08 04:05:06

и

1999-01-08 04:05:06 -8:00

допустимые варианты, соответствующие стандарту ISO 8601. В дополнение к этому поддерживается распространённый формат:

January 8 04:05:06 1999 PST

Стандарт SQL различает константы типов `timestamp without time zone` и `timestamp with time zone` по знаку «+» или «-» и смещению часового пояса, добавленному после времени. Следовательно, согласно стандарту, записи

`TIMESTAMP '2004-10-19 10:23:54'`

должен соответствовать тип `timestamp without time zone`, а

`TIMESTAMP '2004-10-19 10:23:54+02'`

тип `timestamp with time zone`. PostgreSQL никогда не анализирует содержимое текстовой строки, чтобы определить тип значения, и поэтому обе записи будут обработаны как значения типа

timestamp without time zone. Чтобы текстовая константа обрабатывалась как timestamp with time zone, укажите этот тип явно:

```
TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2004-10-19 10:23:54+02'
```

В константе типа timestamp without time zone PostgreSQL просто игнорирует часовой пояс. То есть результирующее значение вычисляется только из полей даты/времени и не подстраивается под указанный часовой пояс.

Значения timestamp with time zone внутри всегда хранятся в UTC (Universal Coordinated Time, Всемирное скоординированное время или время по Гринвичу, GMT). Вводимое значение, в котором явно указан часовой пояс, переводится в UTC с учётом смещения данного часового пояса. Если во входной строке не указан часовой пояс, подразумевается часовой пояс, заданный системным параметром TimeZone и время так же пересчитывается в UTC со смещением timezone.

Когда значение timestamp with time zone выводится, оно всегда преобразуется из UTC в текущий часовой пояс timezone и отображается как локальное время. Чтобы получить время для другого часового пояса, нужно либо изменить timezone, либо воспользоваться конструкцией AT TIME ZONE (см. Подраздел 9.9.3).

В преобразованиях между timestamp without time zone и timestamp with time zone обычно предполагается, что значение timestamp without time zone содержит местное время (для часового пояса timezone). Другой часовой пояс для преобразования можно задать с помощью AT TIME ZONE.

8.5.1.4. Специальные значения

PostgreSQL для удобства поддерживает несколько специальных значений даты/времени, перечисленных в Таблице 8.13. Значения infinity и -infinity имеют особое представление в системе и они отображаются в том же виде, тогда как другие варианты при чтении преобразуются в значения даты/времени. (В частности, now и подобные строки преобразуются в актуальные значения времени в момент чтения.) Чтобы использовать эти значения в качестве констант в командах SQL, их нужно заключать в апострофы.

Таблица 8.13. Специальные значения даты/времени

Вводимая строка	Допустимые типы	Описание
epoch	date, timestamp	1970-01-01 00:00:00+00 (точка отсчёта времени в Unix)
infinity	date, timestamp	время после максимальной допустимой даты
-infinity	date, timestamp	время до минимальной допустимой даты
now	date, time, timestamp	время начала текущей транзакции
today	date, timestamp	время начала текущих суток
tomorrow	date, timestamp	время начала следующих суток
yesterday	date, timestamp	время начала предыдущих суток
allballs	time	00:00:00.00 UTC

Для получения текущей даты/времени соответствующего типа можно также использовать следующие SQL-совместимые функции: CURRENT_DATE, CURRENT_TIME, CURRENT_TIMESTAMP, LOCALTIME и LOCALTIMESTAMP. Последние четыре функции принимают необязательное указание точности. (См. Подраздел 9.9.4.) Заметьте, что во входных строках эти SQL-функции не распознаются.

8.5.2. Вывод даты/времени

В качестве выходного формата типов даты/времени можно использовать один из четырёх стилей: ISO 8601, SQL (Ingres), традиционный формат POSTGRES (формат date в Unix) или German. По умолчанию выбран формат ISO. (Стандарт SQL требует, чтобы использовался именно ISO 8601. Другой формат называется «SQL» исключительно по историческим причинам.) Примеры всех стилей вывода перечислены в Таблице 8.14. Вообще со значениями типов date и time выводилась бы только часть даты или времени из показанных примеров, но со стилем POSTGRES значение даты без времени выводится в формате ISO.

Таблица 8.14. Стили вывода даты/время

Стиль	Описание	Пример
ISO	ISO 8601, стандарт SQL	1997-12-17 07:37:16-08
SQL	традиционный стиль	12/17/1997 07:37:16.00 PST
Postgres	изначальный стиль	Wed Dec 17 07:37:16 1997 PST
German	региональный стиль	17.12.1997 07:37:16.00 PST

Примечание

ISO 8601 указывает, что дата должна отделяться от времени буквой T в верхнем регистре. PostgreSQL принимает этот формат при вводе, но при выводе вставляет вместо T пробел, как показано выше. Это сделано для улучшения читаемости и для совместимости с RFC 3339 и другими СУБД.

В стилях SQL и POSTGRES день выводится перед месяцем, если установлен порядок DMY, а в противном случае месяц выводится перед днём. (Как этот параметр также влияет на интерпретацию входных значений, описано в Подразделе 8.5.1) Соответствующие примеры показаны в Таблице 8.15.

Таблица 8.15. Соглашения о порядке компонентов даты

Параметр datestyle	Порядок при вводе	Пример вывода
SQL, DMY	день/месяц/год	17/12/1997 15:37:16.00 CET
SQL, MDY	месяц/день/год	12/17/1997 07:37:16.00 PST
Postgres, DMY	день/месяц/год	Wed 17 Dec 07:37:16 1997 PST

Стиль даты/времени пользователь может выбрать с помощью команды SET datestyle, параметра DateStyle в файле конфигурации postgresql.conf или переменной окружения PGDATESTYLE на сервере или клиенте.

Для большей гибкости при форматировании выводимой даты/времени можно использовать функцию to_char (см. Раздел 9.8).

8.5.3. Часовые пояса

Часовые пояса и правила их применения определяются, как вы знаете, не только по географическим, но и по политическим соображениям. Часовые пояса во всём мире были более-менее стандартизированы в начале прошлого века, но они продолжают претерпевать изменения, в частности это касается перехода на летнее время. Для расчёта времени в прошлом PostgreSQL получает исторические сведения о правилах часовых поясов из распространённой базы данных IANA (Olson). Для будущего времени предполагается, что в заданном часовом поясе будут продолжать действовать последние принятые правила.

PostgreSQL стремится к совместимости со стандартом SQL в наиболее типичных случаях. Однако стандарт SQL допускает некоторые странности при смешивании типов даты и времени. Две очевидные проблемы:

- Хотя для типа `date` часовой пояс указать нельзя, это можно сделать для типа `time`. В реальности это не очень полезно, так как без даты нельзя точно определить смещение при переходе на летнее время.
- По умолчанию часовой пояс задаётся постоянным смещением от UTC. Это также не позволяет учесть летнее время при арифметических операций с датами, пересекающими границы летнего времени.

Поэтому мы советуем использовать часовой пояс с типами, включающими и время, и дату. Мы не рекомендуем использовать тип `time with time zone` (хотя PostgreSQL поддерживает его для старых приложений и совместимости со стандартом SQL). Для типов, включающих только дату или только время, в PostgreSQL предполагается местный часовой пояс.

Все значения даты и времени с часовым поясом представляются внутри в UTC, а при передаче клиентскому приложению они переводятся в местное время, при этом часовой пояс по умолчанию определяется параметром конфигурации `TimeZone`.

PostgreSQL позволяет задать часовой пояс тремя способами:

- Полное название часового пояса, например `America/New_York`. Все допустимые названия перечислены в представлении `pg_timezone_names` (см. Раздел 52.90). Определения часовых поясов PostgreSQL берёт из широко распространённой базы IANA, так что имена часовых поясов PostgreSQL будут воспринимать и многие другие приложения.
- Аббревиатура часового пояса, например `PST`. Такое определение просто задаёт смещение от UTC, в отличие от полных названий поясов, которые кроме того подразумевают и правила перехода на летнее время. Распознаваемые аббревиатуры перечислены в представлении `pg_timezone_abbrevs` (см. Раздел 52.89). Аббревиатуры можно использовать во вводимых значениях даты/времени и в операторе `AT TIME ZONE`, но не в параметрах конфигурации `TimeZone` и `log_timezone`.
- В дополнение к полным названиям и аббревиатурам часовых поясов PostgreSQL принимает указания часового пояса в стиле POSIX: `STDсмещение` или `STDсмещениеDST`, где `STD` — аббревиатура пояса, `смещение` — разница с UTC, а `DST` — необязательное дополнение, обозначающее летнее время и добавляющее к смещению ещё один час. Например, если бы обозначение `EST5EDT` не являлось названием часового пояса, оно всё равно было бы воспринято и функционально соответствовало бы поясу североамериканского восточного времени. При такой записи аббревиатура пояса может быть набором букв или обычной строкой, заключённой в угловые скобки (`<>`). Когда представлено название пояса с летним временем, при пересчёте времени будут использоваться правила перехода на летнее время, описанные в базе данных IANA в файле `posixrules`. В стандартной инсталляции PostgreSQL файл `posixrules` соответствует описанию `US/Eastern`, так что для указаний часовых поясов в стиле POSIX применяются правила перехода на летнее время, принятые в США. При необходимости это можно изменить, заменив файл `posixrules`.

Вкратце, различие между аббревиатурами и полными названиями заключается в следующем: аббревиатуры представляют определённый сдвиг от UTC, а полное название подразумевает ещё и местное правило по переходу на летнее время, то есть, возможно, два сдвига от UTC. Например, `2014-06-04 12:00 America/New_York` представляет полдень по местному времени в Нью-Йорк, что для данного дня было бы летним восточным временем (EDT или UTC-4). Так что `2014-06-04 12:00 EDT` обозначает тот же момент времени. Но `2014-06-04 12:00 EST` задаёт стандартное восточное время (UTC-5), не зависящее от того, действовало ли летнее время в этот день.

Мало того, в некоторых юрисдикциях одна и та же аббревиатура часового пояса означала разные сдвиги UTC в разное время; например, аббревиатура московского времени `MSK` несколько лет означала UTC+3, а затем стала означать UTC+4. PostgreSQL обрабатывает такие аббревиатуры в соответствии с их значениями на заданную дату, но, как и с примером выше `EST`, это не обязательно будет соответствовать местному гражданскому времени в этот день.

При этом следует использовать возможность указания часового пояса в стиле POSIX с осторожностью, так как при этом могут быть приняты заведомо неверные данные, потому что разумность

аббревиатуры никак не проверяется. Например, команда `SET TIMEZONE TO FOOBAR0` будет работать и система примет эту довольно оригинальную аббревиатуру для UTC. Также следует учитывать, что в названиях часовых поясов POSIX положительные смещения соответствуют сдвигу к *западу* Гринвича. Во всех остальных формах PostgreSQL следует соглашению ISO-8601, по которому положительным смещениям соответствует сдвиг к *востоку* от Гринвича.

Независимо от формы, регистр в названиях и аббревиатурах часовых поясов не важен. (В PostgreSQL до версии 8.2 он где-то имел значение, а где-то нет.)

Ни названия, ни аббревиатуры часовых поясов, не зашиты в самом сервере; они считываются из файлов конфигурации, находящихся в путях `.../share/timezone/` и `.../share/timezonesets/` относительно каталога установки (см. Раздел В.3).

Параметр конфигурации `TimeZone` можно установить в `postgresql.conf` или любым другим стандартным способом, описанным в Главе 19. Часовой пояс может быть также определён следующими специальными способами:

- Часовой пояс для текущего сеанса можно установить с помощью SQL-команды `SET TIME ZONE`. Это альтернативная запись команды `SET TIMEZONE TO`, более соответствующая SQL-стандарту.
- Если установлена переменная окружения `PGTZ`, клиенты `libpq` используют её значение, выполняя при подключении к серверу команду `SET TIME ZONE`.

8.5.4. Ввод интервалов

Значения типа `interval` могут быть записаны в следующей расширенной форме:

`[@] количество единица [количество единица...] [направление]`

где *количество* — это число (возможно, со знаком); *единица* — одно из значений: `microsecond`, `millisecond`, `second`, `minute`, `hour`, `day`, `week`, `month`, `year`, `decade`, `century`, `millennium` (которые обозначают соответственно микросекунды, миллисекунды, секунды, минуты, часы, дни, недели, месяцы, годы, десятилетия, века и тысячелетия), либо эти же слова во множественном числе, либо их сокращения; *направление* может принимать значение `ago` (назад) или быть пустым. Знак `@` является необязательным. Все заданные величины различных единиц суммируются вместе с учётом знака чисел. Указание `ago` меняет знак всех полей на противоположный. Этот синтаксис также используется при выводе интервала, если параметр `IntervalStyle` имеет значение `postgres_verbose`.

Количества дней, часов, минут и секунд можно определить, не указывая явно соответствующие единицы. Например, запись `'1 12:59:10'` равнозначна `'1 day 12 hours 59 min 10 sec'`. Сочетание года и месяца также можно записать через минус; например `'200-10'` означает то, же что и `'200 years 10 months'`. (На самом деле только эти краткие формы разрешены стандартом SQL и они используются при выводе, когда `IntervalStyle` имеет значение `sql_standard`.)

Интервалы можно также записывать в виде, определённом в ISO 8601, либо в «формате с кодами», описанном в разделе 4.4.3.2 этого стандарта, либо в «альтернативном формате», описанном в разделе 4.4.3.3. Формат с кодами выглядит так:

`P количество единица [ количество единица ...] [ T [ количество единица ...]]`

Строка должна начинаться с символа `P` и может включать также `T` перед временем суток. Допустимые коды единиц перечислены в Таблице 8.16. Коды единиц можно опустить или указать в любом порядке, но компоненты времени суток должны идти после символа `T`. В частности, значение кода `M` зависит от того, располагается ли он до или после `T`.

Таблица 8.16. Коды единиц временных интервалов ISO 8601

Код	Значение
Y	годы
M	месяцы (в дате)
W	недели

Код	Значение
D	дни
H	часы
M	минуты (во времени)
S	секунды

В альтернативном формате:

`P [ год-месяц-день ] [ T часы:минуты:секунды ]`

строка должна начинаться с `P`, а `T` разделяет компоненты даты и времени. Значения выражаются числами так же, как и в датах ISO 8601.

При записи интервальной константы с указанием *полей* или присвоении столбцу типа `interval` строки с *полями*, интерпретация непомеченных величин зависит от *полей*. Например, `INTERVAL '1' YEAR` воспринимается как 1 год, а `INTERVAL '1'` — как 1 секунда. Кроме того, значения «справа» от меньшего значащего поля, заданного в определении *полей*, просто отбрасываются. Например, в записи `INTERVAL '1 day 2:03:04' HOUR TO MINUTE` будут отброшены секунды, но не день.

Согласно стандарту SQL, все компоненты значения `interval` должны быть одного знака, и ведущий минус применяется ко всем компонентам; например, минус в записи `'-1 2:03:04'` применяется и к дню, и к часам/минутам/секундам. PostgreSQL позволяет задавать для разных компонентов разные знаки и традиционно обрабатывает знак каждого компонента в текстовом представлении отдельно от других, так что в данном случае часы/минуты/секунды будут считаться положительными. Если параметр `IntervalStyle` имеет значение `sql_standard`, ведущий знак применяется ко всем компонентам (но только если они не содержат знаки явно). В противном случае действуют традиционные правила PostgreSQL. Во избежание неоднозначности рекомендуется добавлять знак к каждому компоненту с отрицательным значением.

В расширенном формате ввода и в некоторых полях более компактных форматов значения компонентов могут иметь дробные части, например `'1.5 week'` или `'01:02:03.45'`. Такое значение при сохранении пересчитывается в соответствующее число месяцев, дней и секунд. Когда при этом остаётся дробная часть в месяцах или в днях, она переносится в младший компонент с допущением, что 1 месяц = 30 дней, а 1 день = 24 часа. Например, значение `'1.5 month'` будет преобразовано в 1 месяц и 15 дней. В виде дробного числа хранятся и выводятся только секунды.

В Таблице 8.17 показано несколько примеров допустимых вводимых значений типа `interval`.

Таблица 8.17. Ввод интервалов

Пример	Описание
1-2	Стандартный формат SQL: 1 год и 2 месяца
3 4:05:06	Стандартный формат SQL: 3 дня 4 часа 5 минут 6 секунд
1 year 2 months 3 days 4 hours 5 minutes 6 seconds	Традиционный формат Postgres: 1 год 2 месяца 3 дня 4 часа 5 минут 6 секунд
P1Y2M3DT4H5M6S	«Формат с кодами» ISO 8601: то же значение, что и выше
P0001-02-03T04:05:06	«Альтернативный формат» ISO 8601: то же значение, что и выше

Тип `interval` представлен внутри в виде отдельных значений месяцев, дней и секунд. Это объясняется тем, что число дней в месяце может быть разным, а в сутках может быть и 23, и 25 часов в дни перехода на летнее/зимнее время. Значения месяцев и дней представлены целыми числами, а число секунд может быть дробным. Так как интервалы обычно получаются из строковых констант или при вычитании типов `timestamp`, этот способ хранения эффективен в большинстве случаев, но может давать неожиданные результаты:


```
SELECT EXTRACT(hours from '80 minutes'::interval);
date_part
-----
1
```

```
SELECT EXTRACT(days from '80 hours'::interval);
date_part
-----
0
```

Для корректировки числа дней и часов, когда они выходят за обычные границы, есть специальные функции `justify_days` и `justify_hours`.

8.5.5. Вывод интервалов

Формат вывода типа `interval` может определяться одним из четырёх стилей: `sql_standard`, `postgres`, `postgres_verbose` и `iso_8601`. Выбрать нужный стиль позволяет команда `SET intervalstyle` (по умолчанию выбран `postgres`). Примеры форматов разных стилей показаны в Таблице 8.18.

Стиль `sql_standard` выдаёт результат, соответствующий стандарту SQL, если значение интервала удовлетворяет ограничениям стандарта (и содержит либо только год и месяц, либо только день и время, и при этом все его компоненты одного знака). В противном случае выводится год-месяц, за которым идёт дата-время, а в компоненты для однозначности явно добавляются знаки.

Вывод в стиле `postgres` соответствует формату, который был принят в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр `DateStyle` имел значение `ISO`.

Вывод в стиле `postgres_verbose` соответствует формату, который был принят в PostgreSQL до версии 8.4, когда значением параметром `DateStyle` было не `ISO`.

Вывод в стиле `iso_8601` соответствует «формату с кодами» описанному в разделе 4.4.3.2 формата ISO 8601.

Таблица 8.18. Примеры стилей вывода интервалов

Стиль	Интервал год-месяц	Интервал день-время	Смешанный интервал
<code>sql_standard</code>	1-2	3 4:05:06	-1-2 +3 -4:05:06
<code>postgres</code>	1 year 2 mons	3 days 04:05:06	-1 year -2 mons +3 days -04:05:06
<code>postgres_verbose</code>	@ 1 year 2 mons	@ 3 days 4 hours 5 mins 6 secs	@ 1 year 2 mons -3 days 4 hours 5 mins 6 secs ago
<code>iso_8601</code>	P1Y2M	P3DT4H5M6S	P-1Y-2M3DT-4H-5M-6S

8.6. Логический тип

В PostgreSQL есть стандартный SQL-тип `boolean`; см. Таблицу 8.19. Тип `boolean` может иметь следующие состояния: «true», «false» и третье состояние, «unknown», которое представляется SQL-значением `NULL`.

Таблица 8.19. Логический тип данных

Имя	Размер	Описание
<code>boolean</code>	1 байт	состояние: истина или ложь

Состояние «true» может задаваться следующими значениями:

`TRUE`

```
't'
'true'
'y'
'yes'
'on'
'1'
```

Для состояния «false» можно использовать следующие варианты:

```
FALSE
'f'
'false'
'n'
'no'
'off'
'0'
```

При этом пробелы в начале и конце строки игнорируются, и регистр так же не имеет значения. Предпочтительными (совместимыми с SQL) являются варианты TRUE и FALSE.

Пример 8.2 показывает, что значения типа boolean при выводе представляются буквами t и f.

Пример 8.2. Использование типа boolean

```
CREATE TABLE test1 (a boolean, b text);
INSERT INTO test1 VALUES (TRUE, 'sic est');
INSERT INTO test1 VALUES (FALSE, 'non est');
SELECT * FROM test1;
 a |      b
---+-----
 t | sic est
 f | non est

SELECT * FROM test1 WHERE a;
 a |      b
---+-----
 t | sic est
```

8.7. Типы перечислений

Типы перечислений (enum) определяют статический упорядоченный набор значений, так же как и типы enum, существующие в ряде языков программирования. В качестве перечисления можно привести дни недели или набор состояний.

8.7.1. Объявление перечислений

Тип перечислений создаются с помощью команды CREATE TYPE, например так:

```
CREATE TYPE mood AS ENUM ('sad', 'ok', 'happy');
```

Созданные типы enum можно использовать в определениях таблиц и функций, как и любые другие:

```
CREATE TYPE mood AS ENUM ('sad', 'ok', 'happy');
CREATE TABLE person (
    name text,
    current_mood mood
);
INSERT INTO person VALUES ('Moe', 'happy');
SELECT * FROM person WHERE current_mood = 'happy';
 name | current_mood
-----+-----
```

```
Moe | happy
(1 row)
```

8.7.2. Порядок

Порядок значений в перечислении определяется последовательностью, в которой были указаны значения при создании типа. Перечисления поддерживаются всеми стандартными операторами сравнения и связанными агрегатными функциями. Например:

```
INSERT INTO person VALUES ('Larry', 'sad');
INSERT INTO person VALUES ('Curly', 'ok');
SELECT * FROM person WHERE current_mood > 'sad';
 name | current_mood
-----+-----
Moe   | happy
Curly | ok
(2 rows)
```

```
SELECT * FROM person WHERE current_mood > 'sad' ORDER BY current_mood;
 name | current_mood
-----+-----
Curly | ok
Moe    | happy
(2 rows)
```

```
SELECT name
FROM person
WHERE current_mood = (SELECT MIN(current_mood) FROM person);
 name
-----
Larry
(1 row)
```

8.7.3. Безопасность типа

Все типы перечислений считаются уникальными и поэтому значения разных типов нельзя сравнивать. Взгляните на этот пример:

```
CREATE TYPE happiness AS ENUM ('happy', 'very happy', 'ecstatic');
CREATE TABLE holidays (
    num_weeks integer,
    happiness happiness
);
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (4, 'happy');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (6, 'very happy');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (8, 'ecstatic');
INSERT INTO holidays(num_weeks,happiness) VALUES (2, 'sad');
ОШИБКА: неверное значение для перечисления happiness: "sad"
SELECT person.name, holidays.num_weeks FROM person, holidays
WHERE person.current_mood = holidays.happiness;
ОШИБКА: оператор не существует: mood = happiness
```

Если вам действительно нужно сделать что-то подобное, вы можете либо реализовать собственный оператор, либо явно преобразовать типы в запросе:

```
SELECT person.name, holidays.num_weeks FROM person, holidays
WHERE person.current_mood::text = holidays.happiness::text;
 name | num_weeks
-----+-----
Moe   |          4
```

(1 row)

8.7.4. Тонкости реализации

В метках значений регистр имеет значение, т. е. 'happy' и 'HAPPY' — не одно и то же. Также в метках имеют значение пробелы.

Хотя типы-перечисления предназначены прежде всего для статических наборов значений, имеется возможность добавлять новые значения в существующий тип-перечисление и переименовывать значения (см. ALTER TYPE). Однако удалять существующие значения из перечисления, а также изменять их порядок, нельзя — для получения нужного результата придётся удалить и воссоздать это перечисление.

Значение enum занимает на диске 4 байта. Длина текстовой метки значения ограничена параметром компиляции NAMEDATALEN; в стандартных сборках PostgreSQL он ограничивает длину 63 байтами.

Сопоставления внутренних значений enum с текстовыми метками хранятся в системном каталоге pg_enum. Он может быть полезен в ряде случаев.

8.8. Геометрические типы

Геометрические типы данных представляют объекты в двумерном пространстве. Все существующие в PostgreSQL геометрические типы перечислены в Таблице 8.20.

Таблица 8.20. Геометрические типы

Имя	Размер	Описание	Представление
point	16 байт	Точка на плоскости	(x,y)
line	32 байта	Бесконечная прямая	{A,B,C}
lseg	32 байта	Отрезок	((x1,y1),(x2,y2))
box	32 байта	Прямоугольник	((x1,y1),(x2,y2))
path	16+16n байт	Закрытый путь (подобный многоугольнику)	((x1,y1),...)
path	16+16n байт	Открытый путь	[(x1,y1),...]
polygon	40+16n байт	Многоугольник (подобный закрытому пути)	((x1,y1),...)
circle	24 байта	Окружность	<(x,y),r> (центр окружности и радиус)

Для выполнения различных геометрических операций, в частности масштабирования, вращения и определения пересечений, PostgreSQL предлагает богатый набор функций и операторов. Они рассматриваются в Разделе 9.11.

8.8.1. Точки

Точки — это основной элемент, на базе которого строятся все остальные геометрические типы. Значения типа point записываются в одном из двух форматов:

```
( x , y )
  x , y
```

где x и y — координаты точки на плоскости, выраженные числами с плавающей точкой.

Выводятся точки в первом формате.

8.8.2. Прямые

Прямые представляются линейным уравнением $ax + by + c = 0$, где a и b не равны 0. Значения типа `line` вводятся и выводятся в следующем виде:

```
{ A, B, C }
```

Кроме того, для ввода может использоваться любая из этих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) ]
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1 , x2 , y2
```

где $(x1, y1)$ и $(x2, y2)$ — две различные точки на данной прямой.

8.8.3. Отрезки

Отрезок представляется парой точек, определяющих концы отрезка. Значения типа `lseg` записываются в одной из следующих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) ]
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1 , x2 , y2
```

где $(x1, y1)$ и $(x2, y2)$ — концы отрезка.

Выводятся отрезки в первом формате.

8.8.4. Прямоугольники

Прямоугольник представляется двумя точками, находящимися в противоположных его углах. Значения типа `box` записываются в одной из следующих форм:

```
( ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 ) )
  ( x1 , y1 ) , ( x2 , y2 )
    x1 , y1 , x2 , y2
```

где $(x1, y1)$ и $(x2, y2)$ — противоположные углы прямоугольника.

Выводятся прямоугольники во второй форме.

Во вводимом значении могут быть указаны любые два противоположных угла, но затем они будут упорядочены, так что внутри сохранятся правый верхний и левый нижний углы, в таком порядке.

8.8.5. Пути

Пути представляют собой списки соединённых точек. Пути могут быть *закрытыми*, когда подразумевается, что первая и последняя точка в списке соединены, или *открытыми*, в противном случае.

Значения типа `path` записываются в одной из следующих форм:

```
[ ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) ]
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
  ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
  ( x1 , y1 , ... , xn , yn )
    x1 , y1 , ... , xn , yn
```

где точки задают узлы сегментов, составляющих путь. Квадратные скобки `[]` указывают, что путь открытый, а круглые `()` — закрытый. Когда внешние скобки опускаются, как в показанных выше последних трёх формах, считается, что путь закрытый.

Пути выводятся в первой или второй форме, в соответствии с типом.

8.8.6. Многоугольники

Многоугольники представляются списками точек (вершин). Многоугольники похожи на закрытые пути, но хранятся в другом виде и для работы с ними предназначен отдельный набор функций.

Значения типа `polygon` записываются в одной из следующих форм:

```
( ( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn ) )
( x1 , y1 ) , ... , ( xn , yn )
( x1 , y1 , ... , xn , yn )
x1 , y1 , ... , xn , yn
```

где точки задают узлы сегментов, образующих границу многоугольника.

Выводятся многоугольники в первом формате.

8.8.7. Окружности

Окружности задаются координатами центра и радиусом. Значения типа `circle` записываются в одном из следующих форматов:

```
< ( x , y ) , r >
( ( x , y ) , r )
( x , y ) , r
x , y , r
```

где (x, y) — центр окружности, а r — её радиус.

Выводятся окружности в первом формате.

8.9. Типы, описывающие сетевые адреса

PostgreSQL предлагает типы данных для хранения адресов IPv4, IPv6 и MAC, показанные в Таблице 8.21. Для хранения сетевых адресов лучше использовать эти типы, а не простые текстовые строки, так как PostgreSQL проверяет вводимые значения данных типов и предоставляет специализированные операторы и функции для работы с ними (см. Раздел 9.12).

Таблица 8.21. Типы, описывающие сетевые адреса

Имя	Размер	Описание
<code>cidr</code>	7 или 19 байт	Сети IPv4 и IPv6
<code>inet</code>	7 или 19 байт	Узлы и сети IPv4 и IPv6
<code>macaddr</code>	6 байт	MAC-адреса
<code>macaddr8</code>	8 байт	MAC-адреса (в формате EUI-64)

При сортировке типов `inet` и `cidr`, адреса IPv4 всегда идут до адресов IPv6, в том числе адреса IPv4, включённые в IPv6 или сопоставленные с ними, например `::10.2.3.4` или `::ffff:10.4.3.2`.

8.9.1. `inet`

Тип `inet` содержит IPv4- или IPv6-адрес узла и может также содержать его подсеть, всё в одном поле. Подсеть представляется числом бит, определяющих адрес сети в адресе узла (или «маску сети»). Если маска сети равна 32 для адреса IPv4, такое значение представляет не подсеть, а определённый узел. Адреса IPv6 имеют длину 128 бит, поэтому уникальный адрес узла задаётся с маской 128 бит. Заметьте, что когда нужно, чтобы принимались только адреса сетей, следует использовать тип `cidr`, а не `inet`.

Вводимые значения такого типа должны иметь формат *IP-адрес/у*, где *IP-адрес* — адрес IPv4 или IPv6, а *у* — число бит в маске сети. Если компонент */у* отсутствует, маска сети считается равной 32 для IPv4 и 128 для IPv6, так что это значение будет представлять один узел. При выводе компонент */у* опускается, если сетевой адрес определяет адрес одного узла.

8.9.2. cidr

Тип `cidr` содержит определение сети IPv4 или IPv6. Входные и выходные форматы соответствуют соглашениям CIDR (Classless Internet Domain Routing, Бесклассовая межсетевая адресация). Определение сети записывается в формате *IP-адрес/у*, где *IP-адрес* — адрес сети IPv4 или IPv6, а *у* — число бит в маске сети. Если *у* не указывается, это значение вычисляется по старой классовой схеме нумерации сетей, но при этом оно может быть увеличено, чтобы в него вошли все байты введённого адреса. Если в сетевом адресе справа от маски сети окажутся биты со значением 1, он будет считаться ошибочным.

В Таблице 8.22 показаны несколько примеров адресов.

Таблица 8.22. Примеры допустимых значений типа `cidr`

Вводимое значение <code>cidr</code>	Выводимое значение <code>cidr</code>	<code>abbrev(cidr)</code>
192.168.100.128/25	192.168.100.128/25	192.168.100.128/25
192.168/24	192.168.0.0/24	192.168.0/24
192.168/25	192.168.0.0/25	192.168.0.0/25
192.168.1	192.168.1.0/24	192.168.1/24
192.168	192.168.0.0/24	192.168.0/24
128.1	128.1.0.0/16	128.1/16
128	128.0.0.0/16	128.0/16
128.1.2	128.1.2.0/24	128.1.2/24
10.1.2	10.1.2.0/24	10.1.2/24
10.1	10.1.0.0/16	10.1/16
10	10.0.0.0/8	10/8
10.1.2.3/32	10.1.2.3/32	10.1.2.3/32
2001:4f8:3:ba::/64	2001:4f8:3:ba::/64	2001:4f8:3:ba::/64
2001:4f8:3:ba:2e0:81ff:fe22:d1f1/128	2001:4f8:3:ba:2e0:81ff:fe22:d1f1/128	2001:4f8:3:ba:2e0:81ff:fe22:d1f1
::ffff:1.2.3.0/120	::ffff:1.2.3.0/120	::ffff:1.2.3/120
::ffff:1.2.3.0/128	::ffff:1.2.3.0/128	::ffff:1.2.3.0/128

8.9.3. Различия `inet` и `cidr`

Существенным различием типов данных `inet` и `cidr` является то, что `inet` принимает значения с ненулевыми битами справа от маски сети, а `cidr` — нет. Например, значение `192.168.0.1/24` является допустимым для типа `inet`, но не для `cidr`.

Подсказка

Если вас не устраивает выходной формат значений `inet` или `cidr`, попробуйте функции `host`, `text` и `abbrev`.

8.9.4. macaddr

Тип `macaddr` предназначен для хранения MAC-адреса, примером которого является адрес сетевой платы Ethernet (хотя MAC-адреса применяются и для других целей). Вводимые значения могут задаваться в следующих форматах:

```
'08:00:2b:01:02:03'
'08-00-2b-01-02-03'
```

```
'08002b:010203'
'08002b-010203'
'0800.2b01.0203'
'0800-2b01-0203'
'08002b010203'
```

Все эти примеры определяют один и тот же адрес. Шестнадцатеричные цифры от *a* до *f* могут быть и в нижнем, и в верхнем регистре. Выводятся MAC-адреса всегда в первой форме.

Стандарт IEEE 802-2001 считает канонической формой MAC-адресов вторую (с минусами), а в первой (с двоеточиями) предполагает обратный порядок бит, так что 08-00-2b-01-02-03 = 01:00:4D:08:04:0C. В настоящее время этому соглашению практически никто не следует, и уместно оно было только для устаревших сетевых протоколов (таких как Token Ring). PostgreSQL не меняет порядок бит и во всех принимаемых форматах подразумевается традиционный порядок LSB.

Последние пять входных форматов не описаны ни в каком стандарте.

8.9.5. macaddr8

Тип `macaddr8` хранит MAC-адреса в формате EUI-64, применяющиеся, например, для аппаратных адресов плат Ethernet (хотя MAC-адреса используются и для других целей). Этот тип может принять и 6-байтовые, и 8-байтовые адреса MAC и сохраняет их в 8 байтах. MAC-адреса, заданные в 6-байтовом формате, хранятся в формате 8 байт, а 4-ый и 5-ый байт содержат FF и FE, соответственно. Заметьте, что для IPv6 используется модифицированный формат EUI-64, в котором 7-ой бит должен быть установлен в 1 после преобразования из EUI-48. Для выполнения этого изменения предоставляется функция `macaddr8_set7bit`. Вообще говоря, этот тип принимает любые строки, состоящие из пар шестнадцатеричных цифр (выровненных по границам байт), которые могут согласованно разделяться одинаковыми символами ':', '-' или '.'. Шестнадцатеричных цифр должно быть либо 16 (8 байт), либо 12 (6 байт). Ведущие и замыкающие пробелы игнорируются. Ниже показаны примеры допустимых входных строк:

```
'08:00:2b:01:02:03:04:05'
'08-00-2b-01-02-03-04-05'
'08002b:0102030405'
'08002b-0102030405'
'0800.2b01.0203.0405'
'0800-2b01-0203-0405'
'08002b01:02030405'
'08002b0102030405'
```

Во всех этих примерах задаётся один и тот же адрес. Для цифр с *a* по *f* принимаются буквы и в верхнем, и в нижнем регистре. Вывод всегда представляется в первом из показанных форматов. Последние шесть входных форматов, показанных выше, не являются стандартизированными. Чтобы преобразовать традиционный 48-битный MAC-адрес в формате EUI-48 в модифицированный формат EUI-64 для включения в состав адреса IPv6 в качестве адреса узла, используйте функцию `macaddr8_set7bit`:

```
SELECT macaddr8_set7bit('08:00:2b:01:02:03');

 macaddr8_set7bit
-----
 0a:00:2b:ff:fe:01:02:03
(1 row)
```

8.10. Битовые строки

Битовые строки представляют собой последовательности из 1 и 0. Их можно использовать для хранения или отображения битовых масок. В SQL есть два битовых типа: `bit(n)` и `bit varying(n)`, где *n* — положительное целое число.

Длина значения типа `bit` должна в точности равняться n ; при попытке сохранить данные длиннее или короче произойдёт ошибка. Данные типа `bit varying` могут иметь переменную длину, но не превышающую n ; строки большей длины не будут приняты. Запись `bit` без указания длины равнозначна записи `bit(1)`, тогда как `bit varying` без указания длины подразумевает строку неограниченной длины.

Примечание

При попытке привести значение битовой строки к типу `bit(n)`, оно будет усечено или дополнено нулями справа до длины ровно n бит, ошибки при этом не будет. Подобным образом, если явно привести значение битовой строки к типу `bit varying(n)`, она будет усечена справа, если её длина превышает n бит.

Синтаксис констант битовых строк описан в Подразделе 4.1.2.5, а все доступные битовые операторы и функции перечислены в Разделе 9.6.

Пример 8.3. Использование битовых строк

```
CREATE TABLE test (a BIT(3), b BIT VARYING(5));
INSERT INTO test VALUES (B'101', B'00');
INSERT INTO test VALUES (B'10', B'101');
```

ОШИБКА: длина битовой строки (2) не соответствует типу `bit(3)`

```
INSERT INTO test VALUES (B'10'::bit(3), B'101');
SELECT * FROM test;
```

a		b
101		00
100		101

Для хранения битовой строки используется по 1 байту для каждой группы из 8 бит, плюс 5 или 8 байт дополнительно в зависимости от длины строки (но длинные строки могут быть сжаты или вынесены отдельно, как описано в Разделе 8.3 применительно к символьным строкам).

8.11. Типы, предназначенные для текстового поиска

PostgreSQL предоставляет два типа данных для поддержки полнотекстового поиска. Текстовым поиском называется операция анализа набора *документов* с текстом на естественном языке, в результате которой находятся фрагменты, наиболее соответствующие *запросу*. Тип `tsvector` представляет документ в виде, оптимизированном для текстового поиска, а `tsquery` представляет запрос текстового поиска в подобном виде. Более подробно это описывается в Главе 12, а все связанные функции и операторы перечислены в Разделе 9.13.

8.11.1. tsvector

Значение типа `tsvector` содержит отсортированный список неповторяющихся *лексем*, т. е. слов, *нормализованных* так, что все словоформы сводятся к одной (подробнее это описано в Главе 12). Сортировка и исключение повторяющихся слов производится автоматически при вводе значения, как показано в этом примере:

```
SELECT 'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector;
tsvector
```

```
'a' 'and' 'ate' 'cat' 'fat' 'mat' 'on' 'rat' 'sat'
```

Для представления в виде лексем пробелов или знаков препинания их нужно заключить в апострофы:

```
SELECT $$the lexeme '      ' contains spaces$$::tsvector;
           tsvector
```

```
-----
'      ' 'contains' 'lexeme' 'spaces' 'the'
```

(В данном и следующих примерах мы используем строку в долларах, чтобы не дублировать все апострофы в таких строках.) При этом включаемый апостроф или обратную косую черту нужно продублировать:

```
SELECT $$the lexeme 'Joe''s' contains a quote$$::tsvector;
           tsvector
```

```
-----
'Joe''s' 'a' 'contains' 'lexeme' 'quote' 'the'
```

Также для лексем можно указать их целочисленные *позиции*:

```
SELECT 'a:1 fat:2 cat:3 sat:4 on:5 a:6 mat:7 and:8 ate:9 a:10 fat:11
       rat:12'::tsvector;
```

```
           tsvector
```

```
-----
'a':1,6,10 'and':8 'ate':9 'cat':3 'fat':2,11 'mat':7 'on':5 'rat':12
'sat':4
```

Позиция обычно указывает положение исходного слова в документе. Информация о расположении слов затем может использоваться для *оценки близости*. Позиция может задаваться числом от 1 до 16383; большие значения просто заменяются на 16383. Если для одной лексемы дважды указывается одно положение, такое повторение отбрасывается.

Лексемам, для которых заданы позиции, также можно назначить *вес*, выраженный буквами A, B, C или D. Вес D подразумевается по умолчанию и поэтому он не показывается при выводе:

```
SELECT 'a:1A fat:2B,4C cat:5D'::tsvector;
           tsvector
```

```
-----
'a':1A 'cat':5 'fat':2B,4C
```

Весы обычно применяются для отражения структуры документа, например для придания особого значения словам в заголовке по сравнению со словами в обычном тексте. Назначенным весам можно сопоставить числовые приоритеты в функциях ранжирования результатов.

Важно понимать, что тип `tsvector` сам по себе не выполняет нормализацию слов; предполагается, что в сохраняемом значении слова уже нормализованы приложением. Например:

```
SELECT 'The Fat Rats'::tsvector;
           tsvector
```

```
-----
'Fat' 'Rats' 'The'
```

Для большинства англоязычных приложений приведённые выше слова будут считаться ненормализованными, но для `tsvector` это не важно. Поэтому исходный документ обычно следует обработать функцией `to_tsvector`, нормализующей слова для поиска:

```
SELECT to_tsvector('english', 'The Fat Rats');
           to_tsvector
```

```
-----
'fat':2 'rat':3
```

И это подробнее описано в Главе 12.

8.11.2. tsquery

Значение `tsquery` содержит искомые лексемы, объединяемые логическими операторами `&` (И), `|` (ИЛИ) и `!` (НЕ), а также оператором поиска фраз `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ). Также допускается вари-

ация оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ вида $\langle N \rangle$, где N — целочисленная константа, задающая расстояние между двумя искомыми лексемами. Запись оператора $\langle - \rangle$ равнозначна $\langle 1 \rangle$.

Для группировки операторов могут использоваться скобки. Без скобок эти операторы имеют разные приоритеты, в порядке убывания: ! (НЕ), $\langle - \rangle$ (ПРЕДШЕСТВУЕТ), & (И) и | (ИЛИ).

Несколько примеров:

```
SELECT 'fat & rat'::tsquery;
      tsquery
-----
'fat' & 'rat'

SELECT 'fat & (rat | cat)'::tsquery;
      tsquery
-----
'fat' & ( 'rat' | 'cat' )

SELECT 'fat & rat & ! cat'::tsquery;
      tsquery
-----
'fat' & 'rat' & !'cat'
```

Лексемам в `tsquery` можно дополнительно сопоставить буквы весов, при этом они будут соответствовать только тем лексемам в `tsvector`, которые имеют какой-либо из этих весов:

```
SELECT 'fat:ab & cat'::tsquery;
      tsquery
-----
'fat':AB & 'cat'
```

Кроме того, в лексемах `tsquery` можно использовать знак `*` для поиска по префиксу:

```
SELECT 'super:*'::tsquery;
      tsquery
-----
'super':*
```

Этот запрос найдёт все слова в `tsvector`, начинающиеся с приставки «super».

Апострофы в лексемах этого типа можно использовать так же, как и в лексемах в `tsvector`; и так же, как и для типа `tsvector`, необходимая нормализация слова должна выполняться до приведения значения к типу `tsquery`. Для такой нормализации удобно использовать функцию `to_tsquery`:

```
SELECT to_tsquery('Fat:ab & Cats');
      to_tsquery
-----
'fat':AB & 'cat'
```

Заметьте, что функция `to_tsquery` будет обрабатывать префиксы подобно другим словам, поэтому следующее сравнение возвращает `true`:

```
SELECT to_tsvector( 'postgraduate' ) @@ to_tsquery( 'postgres:*' );
?column?
-----
t
```

так как `postgres` преобразуется стеммером в `postgr`:

```
SELECT to_tsvector( 'postgraduate' ), to_tsquery( 'postgres:*' );
      to_tsvector | to_tsquery
-----+-----
```

```
'postgradu':1 | 'postgr':*
```

и эта приставка находится в преобразованной форме слова `postgraduate`.

8.12. Тип UUID

Тип данных `uuid` сохраняет универсальные уникальные идентификаторы (Universally Unique Identifiers, UUID), определённые в RFC 4122, ISO/IEC 9834-8:2005 и связанных стандартах. (В некоторых системах это называется GUID, глобальным уникальным идентификатором.) Этот идентификатор представляет собой 128-битное значение, генерируемое специальным алгоритмом, практически гарантирующим, что этим же алгоритмом оно не будет получено больше нигде в мире. Таким образом, эти идентификаторы будут уникальными и в распределённых системах, а не только в единственной базе данных, как значения генераторов последовательностей.

UUID записывается в виде последовательности шестнадцатеричных цифр в нижнем регистре, разделённых знаками минуса на несколько групп, в таком порядке: группа из 8 цифр, за ней три группы из 4 цифр и, наконец, группа из 12 цифр, что в сумме составляет 32 цифры и представляет 128 бит. Пример UUID в этом стандартном виде:

```
a0eebc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9bd380a11
```

PostgreSQL также принимает альтернативные варианты: цифры в верхнем регистре, стандартную запись, заключённую в фигурные скобки, запись без минусов или с минусами, разделяющими любые группы из четырёх цифр. Например:

```
A0EEBC99-9C0B-4EF8-BB6D-6BB9BD380A11
{a0eebc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9bd380a11}
a0eebc999c0b4ef8bb6d6bb9bd380a11
a0ee-bc99-9c0b-4ef8-bb6d-6bb9-bd38-0a11
{a0eebc99-9c0b4ef8-bb6d6bb9-bd380a11}
```

Выводится значение этого типа всегда в стандартном виде.

В PostgreSQL встроены функции хранения и сравнения идентификаторов UUID, но нет внутренней функции генерирования UUID, потому что не существует какого-то единственного алгоритма, подходящего для всех приложений. Сгенерировать UUID можно с помощью дополнительного модуля `uuid-ossdp`, в котором реализованы несколько стандартных алгоритмов, а можно воспользоваться модулем `pgcrypto`, где тоже есть функция генерирования случайных UUID. Кроме того, можно сделать это в клиентском приложении или в другой библиотеке, подключённой на стороне сервера.

8.13. Тип XML

Тип `xml` предназначен для хранения XML-данных. Его преимущество по сравнению с обычным типом `text` в том, что он проверяет вводимые значения на допустимость по правилам XML и для работы с ним есть типобезопасные функции; см. Раздел 9.14. Для использования этого типа дистрибутив должен быть скомпилирован в конфигурации `configure --with-libxml`.

Тип `xml` может сохранять правильно оформленные «документы», в соответствии со стандартом XML, а также фрагменты «содержимого», описанные как содержимое элементов в стандарте XML. Другими словами, это означает, что фрагменты содержимого могут содержать несколько элементов верхнего уровня или текстовых узлов. Определить, является ли определённое значение типа `xml` полным документом или фрагментом содержимого, позволяет выражение `xmlvalue IS DOCUMENT`.

8.13.1. Создание XML-значений

Чтобы получить значение типа `xml` из текстовой строки, используйте функцию `xmlparse`:

```
XMLPARSE ( { DOCUMENT | CONTENT } value)
```

Примеры:

```
XMLPARSE (DOCUMENT '<?xml version="1.0"?><book><title>Manual</title><chapter>...</chapter></book>')
XMLPARSE (CONTENT 'abc<foo>bar</foo><bar>foo</bar>')
```

Хотя в стандарте SQL описан только один способ преобразования текстовых строк в XML-значения, специфический синтаксис PostgreSQL:

```
xml '<foo>bar</foo>'
'<foo>bar</foo> '::xml
```

тоже допустим.

Тип `xml` не проверяет вводимые значения по схеме DTD (Document Type Declaration, Объявления типа документа), даже если в них присутствуют ссылка на DTD. В настоящее время в PostgreSQL также нет встроенной поддержки других разновидностей схем, например XML Schema.

Обратная операция, получение текстовой строки из `xml`, выполняется с помощью функции `xmlserialize`:

```
XMLSERIALIZE ( { DOCUMENT | CONTENT } значение AS тип )
```

Здесь допустимый *тип* — `character`, `character varying` или `text` (или их псевдонимы). И в данном случае стандарт SQL предусматривает только один способ преобразования `xml` в тип текстовых строк, но PostgreSQL позволяет просто привести значение к нужному типу.

При преобразовании текстовой строки в тип `xml` или наоборот без использования функций `XMLPARSE` и `XMLSERIALIZE`, выбор режима `DOCUMENT` или `CONTENT` определяется параметром конфигурации сеанса «XML option», установить который можно следующей стандартной командой:

```
SET XML OPTION { DOCUMENT | CONTENT };
```

или такой командой в духе PostgreSQL:

```
SET xmloption TO { DOCUMENT | CONTENT };
```

По умолчанию этот параметр имеет значение `CONTENT`, так что допускаются все формы XML-данных.

Примечание

Когда параметр XML option имеет значение по умолчанию, текстовые строки нельзя напрямую привести к типу `xml`, если они содержат объявление типа документа, так как такие объявления не допускаются во фрагментах. Для выполнения преобразования в таких случаях следует использовать `XMLPARSE` или изменить параметр XML option.

8.13.2. Обработка кодировки

Если на стороне сервера и клиента и в XML-данных используются разные кодировки символов, с этим могут возникать проблемы. Когда запросы передаются на сервер, а их результаты возвращаются клиенту в обычном текстовом режиме, PostgreSQL преобразует все передаваемые текстовые данные в кодировку для соответствующей стороны; см. Раздел 23.3. В том числе это происходит и со строковыми представлениями XML-данных, подобными тем, что показаны в предыдущих примерах. Обычно это означает, что объявления кодировки, содержащиеся в XML-данных, могут не соответствовать действительности, когда текстовая строка преобразуется из одной кодировки в другую при передаче данных между клиентом и сервером, так как подобные включённые в данные объявления не будут изменены автоматически. Для решения этой проблемы объявления кодировки, содержащиеся в текстовых строках, вводимых в тип `xml`, просто *игнорируются* и предполагается, что XML-содержимое представлено в текущей кодировке сервера. Как следствие, для правильной обработки таких строк с XML-данными клиент должен передавать их в своей текущей кодировке. Для сервера не важно, будет ли клиент для этого преобразовывать документы в свою кодировку, или изменит её, прежде чем передавать ему данные. При выводе значения типа `xml`

не содержат объявления кодировки, а клиент должен предполагать, что все данные поступают в его текущей кодировке.

Если параметры запроса передаются на сервер и он возвращает результаты клиенту в двоичном режиме, кодировка символов не преобразуется, так что возникает другая ситуация. В этом случае объявление кодировки в XML принимается во внимание, а если его нет, то предполагается, что данные закодированы в UTF-8 (это соответствует стандарту XML; заметьте, что PostgreSQL не поддерживает UTF-16). При выводе в данные будет добавлено объявление кодировки, выбранной на стороне клиента (но если это UTF-8, объявление будет опущено).

Само собой, XML-данные в PostgreSQL будут обрабатываться гораздо эффективнее, когда и в XML-данных, и на стороне клиента, и на стороне сервера используется одна кодировка. Так как внутри XML-данные представляются в UTF-8, оптимальный вариант, когда на сервере также выбрана кодировка UTF-8.

Внимание

Некоторые XML-функции могут вовсе не работать с данными не-ASCII, если кодировка сервера не UTF-8. В частности, это известная особенность функций `xmltable()` и `xpath()`.

8.13.3. Обращение к XML-значениям

Тип `xml` отличается от других тем, что для него не определены никакие операторы сравнения, так как чётко определённого и универсального алгоритма сравнения XML-данных не существует. Одно из следствий этого — нельзя отфильтровать строки таблицы, сравнив столбец `xml` с искомым значением. Поэтому обычно XML-значения должны дополняться отдельным ключевым полем, например ID. Можно также сравнивать XML-значения, преобразовав их сначала в текстовые строки, но заметьте, что с учётом специфики XML-данных этот метод практически бесполезен.

Из-за отсутствия операторов сравнения для типа `xml`, для столбца этого типа также нельзя создать индекс. Поэтому, когда требуется быстрый поиск в XML данных, обойти это ограничение можно, приведя данные к типу текстовой строки и проиндексировав эти строки, либо проиндексировав выражение XPath. Конечно сам запрос при этом следует изменить, чтобы поиск выполнялся по индексированному выражению.

Для ускорения поиска в XML-данных также можно использовать функции полнотекстового поиска в PostgreSQL. Однако это требует определённой подготовки данных, что дистрибутив PostgreSQL пока не поддерживает.

8.14. Типы JSON

Типы JSON предназначены для хранения данных JSON (JavaScript Object Notation, Запись объекта JavaScript) согласно стандарту *RFC 7159*. Такие данные можно хранить и в типе `text`, но типы JSON лучше тем, что проверяют, соответствует ли вводимое значение формату JSON. Для работы с ними есть также несколько специальных функций и операторов; см. Раздел 9.15.

Существуют два типа данных JSON: `json` и `jsonb`. Они принимают на вход почти одинаковые наборы значений, но основное их отличие в эффективности. Тип `json` сохраняет точную копию введённого текста, которую функции обработки должны разбирать заново при каждом выполнении, тогда как данные `jsonb` сохраняются в разобранном двоичном формате, что несколько замедляет ввод из-за преобразования, но значительно ускоряет обработку, не требуя многократного разбора текста. Кроме того, `jsonb` поддерживает индексацию, что тоже может быть очень полезно.

Так как тип `json` сохраняет точную копию введённого текста, он сохраняет семантически незначимые пробелы между элементами, а также порядок ключей в JSON-объектах. И если JSON-объект внутри содержит повторяющиеся ключи, этот тип сохранит все пары ключ/значение. (Функ-

ции обработки будут считать действительной последнюю пару.) Тип `jsonb`, напротив, не сохраняет пробелы, порядок ключей и значения с дублирующимися ключами. Если во входных данных оказываются дублирующиеся ключи, сохраняется только последнее значение.

Для большинства приложений предпочтительнее хранить данные JSON в типе `jsonb` (если нет особых противопоказаний, например важны прежние предположения о порядке ключей объектов).

PostgreSQL позволяет использовать только одну кодировку символов в базе данных, поэтому данные JSON не будут полностью соответствовать спецификации, если кодировка базы данных не UTF-8. При этом нельзя будет вставить символы, непредставимые в кодировке сервера, и наоборот, допустимыми будут символы, представимые в кодировке сервера, но не в UTF-8.

RFC 7159 разрешает включать в строки JSON спецпоследовательности Unicode в виде `\uXXXX`. В функцию ввода для типа `json` эти спецпоследовательности допускаются вне зависимости от кодировки базы данных, и проверяется только правильность их синтаксиса (за `\u` должны следовать четыре шестнадцатеричных цифры). Однако, функция ввода для типа `jsonb` более строгая: она не допускает спецпоследовательности Unicode для не-ASCII символов (символов после U+007F), если кодировка базы данных не UTF8. Тип `jsonb` также не принимает `\u0000` (так как это значение не может быть представлено в типе `text` PostgreSQL), и требует, чтобы суррогатные пары Unicode использовались для представления символов вне основной многоязыковой плоскости (BMP) правильно. Корректные спецпоследовательности Unicode преобразуются для хранения в соответствующий символ ASCII или UTF8 (это подразумевает сворачивание суррогатных пар в один символ).

Примечание

Многие из функций обработки JSON, описанные в Разделе 9.15, преобразуют спецпоследовательности Unicode в обычные символы, поэтому могут выдавать подобные ошибки, даже если им на вход поступает тип `json`, а не `jsonb`. То, что функция ввода в тип `json` не производит этих проверок, можно считать историческим артефактом, хотя это и позволяет просто сохранять (но не обрабатывать) в JSON спецкоды Unicode в базе данных с кодировкой не UTF8. Вообще же, по возможности следует избегать смешения спецкодов Unicode в JSON с кодировкой базой данных не UTF8.

При преобразовании вводимого текста JSON в тип `jsonb`, примитивные типы, описанные в RFC 7159, по сути отображаются в собственные типы PostgreSQL как показано в Таблице 8.23. Таким образом, к содержимому типа `jsonb` предъявляются некоторые дополнительные требования, продиктованные ограничениями представления нижележащего типа данных, которые не распространяются ни на тип `json`, ни на формат JSON вообще. В частности, тип `jsonb` не принимает числа, выходящие за диапазон типа данных PostgreSQL `numeric`, тогда как с `json` такого ограничения нет. Такие ограничения, накладываемые реализацией, допускаются согласно RFC 7159. Однако, на практике такие проблемы более вероятны в других реализациях, так как обычно примитивный тип JSON `number` представляется в виде числа с плавающей точкой двойной точности IEEE 754 (что RFC 7159 явно признаёт и допускает). При использовании JSON в качестве формата обмена данными с такими системами следует учитывать риски потери точности чисел, хранившихся в PostgreSQL.

И напротив, как показано в таблице, есть некоторые ограничения в формате ввода примитивных типов JSON, не актуальные для соответствующих типов PostgreSQL.

Таблица 8.23. Примитивные типы JSON и соответствующие им типы PostgreSQL

Примитивный тип JSON	Тип PostgreSQL	Замечания
<code>string</code>	<code>text</code>	<code>\u0000</code> не допускается, как не ASCII символ, если кодировка базы данных не UTF8
<code>number</code>	<code>numeric</code>	Значения NaN и infinity не допускаются

Примитивный тип JSON	Тип PostgreSQL	Замечания
boolean	boolean	Допускаются только варианты true и false (в нижнем регистре)
null	(нет)	NULL в SQL имеет другой смысл

8.14.1. Синтаксис вводимых и выводимых значений JSON

Синтаксис ввода/вывода типов данных JSON соответствует стандарту RFC 7159.

Примеры допустимых выражений с типом json (или jsonb):

```
-- Простое скалярное/примитивное значение
-- Простыми значениями могут быть числа, строки в кавычках, true, false или null
SELECT '5'::json;
```

```
-- Массив из нуля и более элементов (элементы могут быть разных типов)
SELECT '[1, 2, "foo", null]'::json;
```

```
-- Объект, содержащий пары ключей и значений
-- Заметьте, что ключи объектов — это всегда строки в кавычках
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active": false}'::json;
```

```
-- Массивы и объекты могут вкладываться произвольным образом
SELECT '{"foo": [true, "bar"], "tags": {"a": 1, "b": null}}'::json;
```

Как было сказано ранее, когда значение JSON вводится и затем выводится без дополнительной обработки, тип json выводит тот же текст, что поступил на вход, а jsonb не сохраняет семантически незначимые детали, такие как пробелы. Например, посмотрите на эти различия:

```
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}'::json;
                               json
```

```
-----
{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}
(1 row)
```

```
SELECT '{"bar": "baz", "balance": 7.77, "active":false}'::jsonb;
                               jsonb
```

```
-----
{"bar": "baz", "active": false, "balance": 7.77}
(1 row)
```

Первая семантически незначимая деталь, заслуживающая внимания: с jsonb числа выводятся по правилам нижележащего типа numeric. На практике это означает, что числа, заданные в записи с E, будут выведены без неё, например:

```
SELECT '{"reading": 1.230e-5}'::json, '{"reading": 1.230e-5}'::jsonb;
           json           |           jsonb
```

```
-----+-----
{"reading": 1.230e-5} | {"reading": 0.00001230}
(1 row)
```

Однако, как видно из этого примера, jsonb сохраняет конечные нули дробного числа, хотя они и не имеют семантической значимости, в частности для проверки на равенство.

8.14.2. Эффективная организация документов JSON

Представлять данные в JSON можно гораздо более гибко, чем в традиционной реляционной модели данных, что очень привлекательно там, где нет жёстких условий. И оба этих подхода вполне могут сосуществовать и дополнять друг друга в одном приложении. Однако, даже для приложений,

которым нужна максимальная гибкость, рекомендуется, чтобы документы JSON имели некоторую фиксированную структуру. Эта структура обычно не навязывается жёстко (хотя можно декларативно диктовать некоторые бизнес-правила), но когда она предсказуема, становится гораздо проще писать запросы, которые извлекают полезные данные из набора «документов» (информации) в таблице.

Данные JSON, как и данные любых других типов, хранящиеся в таблицах, находятся под контролем механизма параллельного доступа. Хотя хранить большие документы вполне возможно, не забывайте, что при любом изменении устанавливается блокировка всей строки (на уровне строки). Поэтому для оптимизации блокировок транзакций, изменяющих данные, стоит ограничить размер документов JSON разумными пределами. В идеале каждый документ JSON должен собой представлять атомарный информационный блок, который, согласно бизнес-логике, нельзя разделить на меньшие, индивидуально изменяемые блоки.

8.14.3. Проверки на вхождение и существование jsonb

Проверка *вхождения* — важная особенность типа jsonb, не имеющая аналога для типа json. Эта проверка определяет, входит ли один документ jsonb в другой. В следующих примерах возвращается истинное значение (кроме упомянутых исключений):

```
-- Простые скалярные/примитивные значения включают только одно идентичное значение:
SELECT '"foo"'::jsonb @> '"foo"'::jsonb;
```

```
-- Массив с правой стороны входит в массив слева:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[1, 3]'::jsonb;
```

```
-- Порядок элементов в массиве не важен, поэтому это условие тоже выполняется:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[3, 1]'::jsonb;
```

```
-- А повторяющиеся элементы массива не имеют значения:
SELECT '[1, 2, 3]'::jsonb @> '[1, 2, 2]'::jsonb;
```

```
-- Объект с одной парой справа входит в объект слева:
SELECT '{"product": "PostgreSQL", "version": 9.4, "jsonb": true}'::jsonb @>
 '{"version": 9.4}'::jsonb;
```

```
-- Массив справа не считается входящим в
-- массив слева, хотя в последний и вложен подобный массив:
SELECT '[1, 2, [1, 3]]'::jsonb @> '[1, 3]'::jsonb; -- выдаёт false
```

```
-- Но если добавить уровень вложенности, проверка на вхождение выполняется:
SELECT '[1, 2, [1, 3]]'::jsonb @> '[[1, 3]]'::jsonb;
```

```
-- Аналогично, это вхождением не считается:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb @> '{"bar": "baz"}'::jsonb; -- выдаёт false
```

```
-- Ключ с пустым объектом на верхнем уровне входит в объект с таким ключом:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb @> '{"foo": {}}'::jsonb;
```

Общий принцип этой проверки в том, что входящий объект должен соответствовать объекту, содержащему его, по структуре и данным, возможно, после исключения из содержащего объекта лишних элементов массива или пар ключ/значение. Но помните, что порядок элементов массива для проверки на вхождение не имеет значения, а повторяющиеся элементы массива считаются только один раз.

В качестве особого исключения для требования идентичности структур, массив может содержать примитивное значение:

```
-- В этот массив входит примитивное строковое значение:
SELECT '["foo", "bar"]'::jsonb @> '"bar"'::jsonb;
```

```
-- Это исключение действует только в одну сторону -- здесь вхождения нет:
SELECT '"bar"'::jsonb @> '["bar"]'::jsonb; -- выдаёт false
```

Для типа `jsonb` введён также оператор *существования*, который является вариацией на тему вхождения: он проверяет, является ли строка (заданная в виде значения `text`) ключом объекта или элементом массива на верхнем уровне значения `jsonb`. В следующих примерах возвращается истинное значение (кроме упомянутых исключений):

```
-- Строка существует в качестве элемента массива:
SELECT '["foo", "bar", "baz"]'::jsonb ? 'bar';
```

```
-- Строка существует в качестве ключа объекта:
SELECT '{"foo": "bar"}'::jsonb ? 'foo';
```

```
-- Значения объектов не рассматриваются:
SELECT '{"foo": "bar"}'::jsonb ? 'bar'; -- выдаёт false
```

```
-- Как и вхождение, существование определяется на верхнем уровне:
SELECT '{"foo": {"bar": "baz"}}'::jsonb ? 'bar'; -- выдаёт false
```

```
-- Строка считается существующей, если она соответствует примитивной строке JSON:
SELECT '"foo"'::jsonb ? 'foo';
```

Объекты JSON для проверок на существование и вхождение со множеством ключей или элементов подходят больше, чем массивы, так как, в отличие от массивов, они внутри оптимизируются для поиска, и поиск элемента не будет линейным.

Подсказка

Так как вхождение в JSON проверяется с учётом вложенности, правильно написанный запрос может заменить явную выборку внутренних объектов. Например, предположим, что у нас есть столбец `doc`, содержащий объекты на верхнем уровне, и большинство этих объектов содержит поля `tags` с массивами вложенных объектов. Данный запрос найдёт записи, в которых вложенные объекты содержат ключи `"term": "paris"` и `"term": "food"`, и при этом пропустит такие ключи, находящиеся вне массива `tags`:

```
SELECT doc->'site_name' FROM websites
WHERE doc @> '{"tags":[{"term":"paris"}, {"term":"food"}]}';
```

Этого же результата можно добиться, например, так:

```
SELECT doc->'site_name' FROM websites
WHERE doc->'tags' @> '[{"term":"paris"}, {"term":"food"}]';
```

Но данный подход менее гибкий и часто также менее эффективный.

С другой стороны, оператор существования JSON не учитывает вложенность: он будет искать заданный ключ или элемент массива только на верхнем уровне значения JSON.

Различные операторы вхождения и существования, а также все другие операторы и функции для работы с JSON документированы в Разделе 9.15.

8.14.4. Индексация `jsonb`

Для эффективного поиска ключей или пар ключ/значение в большом количестве документов `jsonb` можно успешно применять индексы GIN. Для этого предоставляются два «класса операторов» GIN, предлагающие выбор между производительностью и гибкостью.

Класс операторов GIN по умолчанию для `jsonb` поддерживает запросы с операторами существования ключа на верхнем уровне (`?`, `?&` и `?|`) и оператором существования пути/значения (`@>`). (По-

дробнее семантика, реализуемая этими операторами, описана в Таблице 9.44.) Пример создания индекса с этим классом операторов:

```
CREATE INDEX idxgin ON api USING GIN (jdoc);
```

Дополнительный класс операторов GIN `jsonb_path_ops` поддерживает индексацию только для оператора `@>`. Пример создания индекса с этим классом операторов:

```
CREATE INDEX idxginp ON api USING GIN (jdoc jsonb_path_ops);
```

Рассмотрим пример таблицы, в которой хранятся документы JSON, получаемые от сторонней веб-службы, с документированным определением схемы. Типичный документ:

```
{
  "guid": "9c36adc1-7fb5-4d5b-83b4-90356a46061a",
  "name": "Angela Barton",
  "is_active": true,
  "company": "MagnaFone",
  "address": "178 Howard Place, Gulf, Washington, 702",
  "registered": "2009-11-07T08:53:22 +08:00",
  "latitude": 19.793713,
  "longitude": 86.513373,
  "tags": [
    "enim",
    "aliquip",
    "qui"
  ]
}
```

Мы сохраняем эти документы в таблице `api`, в столбце `jdoc` типа `jsonb`. Если по этому столбцу создаётся GIN-индекс, он может применяться в подобных запросах:

```
-- Найти документы, в которых ключ "company" имеет значение "MagnaFone"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @> '{"company": "MagnaFone"}';
```

Однако, в следующих запросах он не будет использоваться, потому что, несмотря на то, что оператор `?` — индексируемый, он применяется не к индексируемому столбцу `jdoc` непосредственно:

```
-- Найти документы, в которых ключ "tags" содержит ключ или элемент массива "qui"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc -> 'tags' ? 'qui';
```

И всё же, правильно применяя индексы выражений, в этом запросе можно задействовать индекс. Если запрос определённых элементов в ключе `"tags"` выполняется часто, вероятно стоит определить такой индекс:

```
CREATE INDEX idxgintags ON api USING GIN ((jdoc -> 'tags'));
```

Теперь предложение `WHERE jdoc -> 'tags' ? 'qui'` будет выполняться как применение индексируемого оператора `?` к индексируемому выражению `jdoc -> 'tags'`. (Подробнее об индексах выражений можно узнать в Разделе 11.7.)

Ещё один подход к использованию проверок на существование:

```
-- Найти документы, в которых ключ "tags" содержит элемент массива "qui"
SELECT jdoc->'guid', jdoc->'name' FROM api WHERE jdoc @> '{"tags": ["qui"]}';
```

Этот запрос может задействовать простой GIN-индекс по столбцу `jdoc`. Но заметьте, что такой индекс будет хранить копии всех ключей и значений в поле `jdoc`, тогда как индекс выражения из предыдущего примера хранит только данные внутри объекта с ключом `tags`. Хотя подход с простым индексом гораздо более гибкий (так как он поддерживает запросы по любому ключу), индексы конкретных выражений скорее всего будут меньше и быстрее, чем простые индексы.

Класс операторов `jsonb_path_ops` поддерживает только запросы с оператором `@>`, но зато он значительно производительнее класса по умолчанию `jsonb_ops`. Индекс `jsonb_path_ops` обычно гораздо меньше индекса `jsonb_ops` для тех же данных и более точен при поиске, особенно, если

запросы обращаются к ключам, часто встречающимся в данных. Таким образом, с ним операции поиска выполняются гораздо лучше, чем с классом операторов по умолчанию.

Техническое различие между GIN-индексами `jsonb_ops` и `jsonb_path_ops` состоит в том, что для первых создаются независимые элементы индекса для каждого ключа/значения в данных, тогда как для вторых создаются элементы только для значений.¹ По сути, каждый элемент индекса `jsonb_path_ops` представляет собой хеш значения и ключа(ей), приводящего к нему; например, при индексации `{"foo": {"bar": "baz"}}` будет создан один элемент индекса с хешем, рассчитанным по всем трём значениям: `foo`, `bar` и `baz`. Таким образом, проверка на вхождение этой структуры будет использовать крайне точный поиск по индексу, но определить, является ли `foo` ключом, с помощью такого индекса нельзя. С другой стороны, индекс `jsonb_ops` создаст три отдельных элемента индекса, представляющих `foo`, `bar` и `baz` по отдельности; для выполнения проверки на вхождение будут проверены строки таблицы, содержащие все эти три значения. Хотя GIN-индексы позволяют вычислить AND довольно эффективно, такой поиск всё же будет менее точным и более медленным, чем равнозначный поиск с `jsonb_path_ops`, особенно если любое одно из этих трёх значений содержится в большом количестве строк.

Недостаток класса `jsonb_path_ops` заключается в том, что он не учитывает в индексе структуры JSON, не содержащие никаких значений `{"a": {}}`. Для поиска по документам, содержащим такие структуры, потребуется выполнить полное сканирование индекса, что довольно долго, поэтому `jsonb_path_ops` не очень подходит для приложений, часто выполняющих такие запросы.

Тип `jsonb` также поддерживает индексы `btree` и `hash`. Они полезны, только если требуется проверять равенство JSON-документов в целом. Порядок сортировки `btree` для типа `jsonb` редко имеет большое значение, но для полноты он приводится ниже:

Объект > Массив > Логическое значение > Число > Строка > Null

Объект с n парами > Объект с n - 1 парами

Массив с n элементами > Массив с n - 1 элементами

Объекты с равным количеством пар сравниваются в таком порядке:

ключ-1, значение-1, ключ-2 ...

Заметьте, что ключи объектов сравниваются согласно порядку при хранении; в частности, из-за того, что короткие ключи хранятся перед длинными, результаты могут оказаться несколько не интуитивными:

```
{ "aa": 1, "c": 1 } > { "b": 1, "d": 1 }
```

Массивы с равным числом элементов упорядочиваются аналогично:

элемент-1, элемент-2 ...

Примитивные значения JSON сравниваются по тем же правилам сравнения, что и нижележащие типы данных PostgreSQL. Строки сравниваются с учётом порядка сортировки по умолчанию в текущей базе данных.

8.14.5. Трансформации

Для различных процедурных языков представлены дополнительные расширения, реализующие трансформации для типа `jsonb`.

Расширения для PL/Perl называются `jsonb_plperl` и `jsonb_plperlu`. Когда они используются, значения `jsonb` отображаются в соответствующие структуры Perl: массивы, хеши или скаляры.

Расширения для PL/Python называются `jsonb_plpythonu`, `jsonb_plpython2u` и `jsonb_plpython3u` (принятое в PL/Python соглашение об именовании описано в Разделе 46.1). Когда они используют-

¹Поэтому понятие «значение» включает и элементы массивов, хотя в терминологии JSON иногда элементы массивов считаются отличными от значений внутри объектов.

ся, значения `jsonb` отображаются в соответствующие структуры Python: массивы, хеши или скаляры.

8.15. Массивы

PostgreSQL позволяет определять столбцы таблицы как многомерные массивы переменной длины. Элементами массивов могут быть любые встроенные или определённые пользователями базовые типы, перечисления, составные типы, типы-диапазоны или домены.

8.15.1. Объявления типов массивов

Чтобы проиллюстрировать использовать массивов, мы создадим такую таблицу:

```
CREATE TABLE sal_emp (
    name          text,
    pay_by_quarter integer[],
    schedule      text[][]
);
```

Как показано, для объявления типа массива к названию типа элементов добавляются квадратные скобки (`[]`). Показанная выше команда создаст таблицу `sal_emp` со столбцами типов `text` (`name`), одномерный массив с элементами `integer` (`pay_by_quarter`), представляющий квартальную зарплату работников, и двухмерный массив с элементами `text` (`schedule`), представляющий недельный график работника.

Команда `CREATE TABLE` позволяет также указать точный размер массивов, например так:

```
CREATE TABLE tictactoe (
    squares integer[3][3]
);
```

Однако текущая реализация игнорирует все указанные размеры, т. е. фактически размер массива остаётся неопределённым.

Текущая реализация также не ограничивает число размерностей. Все элементы массивов считаются одного типа, вне зависимости от его размера и числа размерностей. Поэтому явно указывать число элементов или размерностей в команде `CREATE TABLE` имеет смысл только для документирования, на механизм работы с массивом это не влияет.

Для объявления одномерных массивов можно применять альтернативную запись с ключевым словом `ARRAY`, соответствующую стандарту SQL. Столбец `pay_by_quarter` можно было бы определить так:

```
pay_by_quarter integer ARRAY[4],
```

Или без указания размера массива:

```
pay_by_quarter integer ARRAY,
```

Заметьте, что и в этом случае PostgreSQL не накладывает ограничения на фактический размер массива.

8.15.2. Ввод значения массива

Чтобы записать значение массива в виде буквальной константы, заключите значения элементов в фигурные скобки и разделите их запятыми. (Если вам знаком C, вы найдёте, что это похоже на синтаксис инициализации структур в C.) Вы можете заключить значение любого элемента в двойные кавычки, а если он содержит запятые или фигурные скобки, это обязательно нужно сделать. (Подробнее это описано ниже.) Таким образом, общий формат константы массива выглядит так:

```
'{ значение1 разделитель значение2 разделитель ... }'
```

где *разделитель* — символ, указанный в качестве разделителя в соответствующей записи в таблице `pg_type`. Для стандартных типов данных, существующих в дистрибутиве PostgreSQL, разделителем является запятая (`,`), за исключением лишь типа `box`, в котором разделитель — точка с запятой

(;). Каждое *значение* здесь — это либо константа типа элемента массива, либо вложенный массив. Например, константа массива может быть такой:

```
'{{1,2,3},{4,5,6},{7,8,9}}'
```

Эта константа определяет двумерный массив 3x3, состоящий из трёх вложенных массивов целых чисел.

Чтобы присвоить элементу массива значение NULL, достаточно просто написать NULL (регистр символов при этом не имеет значения). Если же требуется добавить в массив строку, содержащую «NULL», это слово нужно заключить в двойные кавычки.

(Такого рода константы массивов на самом деле представляют собой всего лишь частный случай констант, описанных в Подразделе 4.1.2.7. Константа изначально воспринимается как строка и передаётся процедуре преобразования вводимого массива. При этом может потребоваться явно указать целевой тип.)

Теперь мы можем показать несколько операторов INSERT:

```
INSERT INTO sal_emp
VALUES ('Bill',
       '{10000, 10000, 10000, 10000}',
       '{{"meeting", "lunch"}, {"training", "presentation"}}');
```

```
INSERT INTO sal_emp
VALUES ('Carol',
       '{20000, 25000, 25000, 25000}',
       '{{"breakfast", "consulting"}, {"meeting", "lunch"}}');
```

Результат двух предыдущих команд:

```
SELECT * FROM sal_emp;
name |      pay_by_quarter      |      schedule
-----+-----+-----
Bill | {10000,10000,10000,10000}| {{meeting,lunch},{training,presentation}}
Carol| {20000,25000,25000,25000}| {{breakfast,consulting},{meeting,lunch}}
(2 rows)
```

В многомерных массивов число элементов в каждой размерности должно быть одинаковым; в противном случае возникает ошибка. Например:

```
INSERT INTO sal_emp
VALUES ('Bill',
       '{10000, 10000, 10000, 10000}',
       '{{"meeting", "lunch"}, {"meeting"}}');
```

ОШИБКА: для многомерных массивов должны задаваться выражения с соответствующими размерностями

Также можно использовать синтаксис конструктора ARRAY:

```
INSERT INTO sal_emp
VALUES ('Bill',
       ARRAY[10000, 10000, 10000, 10000],
       ARRAY[['meeting', 'lunch'], ['training', 'presentation']]');
```

```
INSERT INTO sal_emp
VALUES ('Carol',
       ARRAY[20000, 25000, 25000, 25000],
       ARRAY[['breakfast', 'consulting'], ['meeting', 'lunch']]');
```

Заметьте, что элементы массива здесь — это простые SQL-константы или выражения; и поэтому, например строки будут заключаться в одинарные апострофы, а не в двойные, как в буквальной константе массива. Более подробно конструктор ARRAY обсуждается в Подразделе 4.2.12.

8.15.3. Обращение к массивам

Добавив данные в таблицу, мы можем перейти к выборкам. Сначала мы покажем, как получить один элемент массива. Этот запрос получает имена сотрудников, зарплата которых изменилась во втором квартале:

```
SELECT name FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] <> pay_by_quarter[2];
```

```
name
-----
Carol
(1 row)
```

Индексы элементов массива записываются в квадратных скобках. По умолчанию в PostgreSQL действует соглашение о нумерации элементов массива с 1, то есть в массиве из n элементов первым считается `array[1]`, а последним — `array[n]`.

Этот запрос выдаёт зарплату всех сотрудников в третьем квартале:

```
SELECT pay_by_quarter[3] FROM sal_emp;
```

```
pay_by_quarter
-----
          10000
          25000
(2 rows)
```

Мы также можем получать обычные прямоугольные срезы массива, то есть подмассивы. Срез массива обозначается как *нижняя-граница:верхняя-граница* для одной или нескольких размерностей. Например, этот запрос получает первые пункты в графике Билла в первые два дня недели:

```
SELECT schedule[1:2][1:1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

```
schedule
-----
{{meeting},{training}}
(1 row)
```

Если одна из размерностей записана в виде среза, то есть содержит двоеточие, тогда срез распространяется на все размерности. Если при этом для размерности указывается только одно число (без двоеточия), в срез войдут элемент от 1 до заданного номера. Например, в этом примере `[2]` будет равнозначно `[1:2]`:

```
SELECT schedule[1:2][2] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

```
schedule
-----
{{meeting,lunch},{training,presentation}}
(1 row)
```

Во избежание путаницы с обращением к одному элементу, срезы лучше всегда записывать явно для всех измерений, например `[1:2][1:1]` вместо `[2][1:1]`.

Значения *нижняя-граница* и/или *верхняя-граница* в указании среза можно опустить; опущенная граница заменяется нижним или верхним пределом индексов массива. Например:

```
SELECT schedule[:2][2:] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

```
schedule
-----
{{lunch},{presentation}}
(1 row)
```

```
SELECT schedule[:][1:1] FROM sal_emp WHERE name = 'Bill';
```

```

      schedule
-----
 {{meeting},{training}}
(1 row)
```

Выражение обращения к элементу массива возвратит NULL, если сам массив или одно из выражений индексов элемента равны NULL. Значение NULL также возвращается, если индекс выходит за границы массива (это не считается ошибкой). Например, если `schedule` в настоящее время имеет размерности `[1:3][1:2]`, результатом обращения к `schedule[3][3]` будет NULL. Подобным образом, при обращении к элементу массива с неправильным числом индексов возвращается NULL, а не ошибка.

Аналогично, NULL возвращается при обращении к срезу массива, если сам массив или одно из выражений, определяющих индексы элементов, равны NULL. Однако, в других случаях, например, когда границы среза выходят за рамки массива, возвращается не NULL, а пустой массив (с размерностью 0). (Так сложилось исторически, что в этом срезы отличаются от обращений к обычным элементам.) Если запрошенный срез пересекает границы массива, тогда возвращается не NULL, а срез, сокращённый до области пересечения.

Текущие размеры значения массива можно получить с помощью функции `array_dims`:

```
SELECT array_dims(schedule) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';
```

```

      array_dims
-----
 [1:2][1:2]
(1 row)
```

`array_dims` выдаёт результат типа `text`, что удобно скорее для людей, чем для программ. Размеры массива также можно получить с помощью функций `array_upper` и `array_lower`, которые возвращают соответственно верхнюю и нижнюю границу для указанной размерности:

```
SELECT array_upper(schedule, 1) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';
```

```

      array_upper
-----
                2
(1 row)
```

`array_length` возвращает число элементов в указанной размерности массива:

```
SELECT array_length(schedule, 1) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';
```

```

      array_length
-----
                2
(1 row)
```

`cardinality` возвращает общее число элементов массива по всем измерениям. Фактически это число строк, которое вернёт функция `unnest`:

```
SELECT cardinality(schedule) FROM sal_emp WHERE name = 'Carol';
```

```

      cardinality
-----
                4
(1 row)
```

8.15.4. Изменение массивов

Значение массива можно заменить полностью так:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter = '{25000,25000,27000,27000}'
WHERE name = 'Carol';
```

или используя синтаксис ARRAY:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter = ARRAY[25000,25000,27000,27000]
WHERE name = 'Carol';
```

Также можно изменить один элемент массива:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[4] = 15000
WHERE name = 'Bill';
```

или срез:

```
UPDATE sal_emp SET pay_by_quarter[1:2] = '{27000,27000}'
WHERE name = 'Carol';
```

При этом в указании среза может быть опущена *нижняя-граница* и/или *верхняя-граница*, но только для массива, отличного от NULL, и имеющего ненулевую размерность (иначе неизвестно, какие граничные значения должны подставляться вместо опущенных).

Сохранённый массив можно расширить, определив значения ранее отсутствовавших в нём элементов. При этом все элементы, располагающиеся между существовавшими ранее и новыми, принимают значения NULL. Например, если массив `myarray` содержит 4 элемента, после присвоения значения элементу `myarray[6]` его длина будет равна 6, а `myarray[5]` будет содержать NULL. В настоящее время подобное расширение поддерживается только для одномерных, но не многомерных массивов.

Определяя элементы по индексам, можно создавать массивы, в которых нумерация элементов может начинаться не с 1. Например, можно присвоить значение выражению `myarray[-2:7]` и таким образом создать массив, в котором будут элементы с индексами от -2 до 7.

Значения массива также можно сконструировать с помощью оператора конкатенации, `||`:

```
SELECT ARRAY[1,2] || ARRAY[3,4];
?column?
-----
{1,2,3,4}
(1 row)

SELECT ARRAY[5,6] || ARRAY[[1,2],[3,4]];
?column?
-----
{{5,6},{1,2},{3,4}}
(1 row)
```

Оператор конкатенации позволяет вставить один элемент в начало или в конец одномерного массива. Он также может принять два N -мерных массива или массивы размерностей N и $N+1$.

Когда в начало или конец одномерного массива вставляется один элемент, в образованном в результате массиве будет та же нижняя граница, что и в массиве-операнде. Например:

```
SELECT array_dims(1 || '[0:1]={2,3}'::int[]);
array_dims
-----
[0:2]
(1 row)

SELECT array_dims(ARRAY[1,2] || 3);
array_dims
```

```
-----
[1:3]
(1 row)
```

Когда складываются два массива одинаковых размерностей, в результате сохраняется нижняя граница внешней размерности левого операнда. Выходной массив включает все элементы левого операнда, после которых добавляются все элементы правого. Например:

```
SELECT array_dims (ARRAY[1,2] || ARRAY[3,4,5]);
array_dims
-----
[1:5]
(1 row)
```

```
SELECT array_dims (ARRAY[[1,2],[3,4]] || ARRAY[[5,6],[7,8],[9,0]]);
array_dims
-----
[1:5][1:2]
(1 row)
```

Когда к массиву размерности $N+1$ спереди или сзади добавляется N -мерный массив, он вставляется аналогично тому, как в массив вставляется элемент (это было описано выше). Любой N -мерный массив по сути является элементом во внешней размерности массива, имеющего размерность $N+1$. Например:

```
SELECT array_dims (ARRAY[1,2] || ARRAY[[3,4],[5,6]]);
array_dims
-----
[1:3][1:2]
(1 row)
```

Массив также можно сконструировать с помощью функций `array_prepend`, `array_append` и `array_cat`. Первые две функции поддерживают только одномерные массивы, а `array_cat` поддерживает и многомерные. Несколько примеров:

```
SELECT array_prepend(1, ARRAY[2,3]);
array_prepend
-----
{1,2,3}
(1 row)
```

```
SELECT array_append (ARRAY[1,2], 3);
array_append
-----
{1,2,3}
(1 row)
```

```
SELECT array_cat (ARRAY[1,2], ARRAY[3,4]);
array_cat
-----
{1,2,3,4}
(1 row)
```

```
SELECT array_cat (ARRAY[[1,2],[3,4]], ARRAY[5,6]);
array_cat
-----
{{1,2},{3,4},{5,6}}
(1 row)
```

```
SELECT array_cat (ARRAY[5,6], ARRAY[[1,2],[3,4]]);
```

```
array_cat
```

```
-----
{{5, 6}, {1, 2}, {3, 4}}
```

В простых случаях описанный выше оператор конкатенации предпочтительнее непосредственного вызова этих функций. Однако, так как оператор конкатенации перегружен для решения всех трёх задач, возможны ситуации, когда лучше применить одну из этих функций во избежание неоднозначности. Например, рассмотрите:

```
SELECT ARRAY[1, 2] || '{3, 4}'; -- нетипизированная строка воспринимается как массив
?column?
```

```
-----
{1, 2, 3, 4}
```

```
SELECT ARRAY[1, 2] || '7'; -- как и эта
ERROR: malformed array literal: "7"
```

```
SELECT ARRAY[1, 2] || NULL; -- как и буквальный NULL
?column?
```

```
-----
{1, 2}
(1 row)
```

```
SELECT array_append(ARRAY[1, 2], NULL); -- это могло иметься в виду на самом деле
array_append
```

```
-----
{1, 2, NULL}
```

В показанных примерах анализатор запроса видит целочисленный массив с одной стороны оператора конкатенации и константу неопределённого типа с другой. Согласно своим правилам разрешения типа констант, он полагает, что она имеет тот же тип, что и другой операнд — в данном случае, целочисленный массив. Поэтому предполагается, что оператор конкатенации здесь представляет функцию `array_cat`, а не `array_append`. Если это решение оказывается неверным, его можно скорректировать, приведя константу к типу элемента массива; однако может быть лучше явно использовать функцию `array_append`.

8.15.5. Поиск значений в массивах

Чтобы найти значение в массиве, необходимо проверить все его элементы. Это можно сделать вручную, если вы знаете размер массива. Например:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter[1] = 10000 OR
                           pay_by_quarter[2] = 10000 OR
                           pay_by_quarter[3] = 10000 OR
                           pay_by_quarter[4] = 10000;
```

Однако с большим массивами этот метод становится утомительным, и к тому же он не работает, когда размер массива неизвестен. Альтернативный подход описан в Разделе 9.23. Показанный выше запрос можно было переписать так:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE 10000 = ANY (pay_by_quarter);
```

А так можно найти в таблице строки, в которых массивы содержат только значения, равные 10000:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE 10000 = ALL (pay_by_quarter);
```

Кроме того, для обращения к элементам массива можно использовать функцию `generate_subscripts`. Например так:

```
SELECT * FROM
  (SELECT pay_by_quarter,
    generate_subscripts(pay_by_quarter, 1) AS s
```

```
FROM sal_emp) AS foo
WHERE pay_by_quarter[s] = 10000;
```

Эта функция описана в Таблице 9.59.

Также искать в массиве значения можно, используя оператор `&&`, который проверяет, перекрывается ли левый операнд с правым. Например:

```
SELECT * FROM sal_emp WHERE pay_by_quarter && ARRAY[10000];
```

Этот и другие операторы для работы с массивами описаны в Разделе 9.18. Он может быть ускорен с помощью подходящего индекса, как описано в Разделе 11.2.

Вы также можете искать определённые значения в массиве, используя функции `array_position` и `array_positions`. Первая функция возвращает позицию первого вхождения значения в массив, а вторая — массив позиций всех его вхождений. Например:

```
SELECT array_position(ARRAY['sun','mon','tue','wed','thu','fri','sat'], 'mon');
array_positions
-----
2
```

```
SELECT array_positions(ARRAY[1, 4, 3, 1, 3, 4, 2, 1], 1);
array_positions
-----
{1,4,8}
```

Подсказка

Массивы — это не множества; необходимость поиска определённых элементов в массиве может быть признаком неудачно сконструированной базы данных. Возможно, вместо массива лучше использовать отдельную таблицу, строки которой будут содержать данные элементов массива. Это может быть лучше и для поиска, и для работы с большим количеством элементов.

8.15.6. Синтаксис вводимых и выводимых значений массива

Внешнее текстовое представление значения массива состоит из записи элементов, интерпретируемых по правилам ввода/вывода для типа элемента массива, и оформления структуры массива. Оформление состоит из фигурных скобок (`{` и `}`), окружающих значение массива, и знаков-разделителей между его элементами. В качестве знака-разделителя обычно используется запятая (`,`), но это может быть и другой символ; он определяется параметром `typdelim` для типа элемента массива. Для стандартных типов данных, существующих в дистрибутиве PostgreSQL, разделителем является запятая (`,`), за исключением лишь типа `box`, в котором разделитель — точка с запятой (`;`). В многомерном массиве у каждой размерности (ряд, плоскость, куб и т. д.) есть свой уровень фигурных скобок, а соседние значения в фигурных скобках на одном уровне должны отделяться разделителями.

Функция вывода массива заключает значение элемента в кавычки, если это пустая строка или оно содержит фигурные скобки, знаки-разделители, кавычки, обратную косую черту, пробельный символ или это текст `NULL`. Кавычки и обратная косая черта, включённые в такие значения, преобразуются в спецпоследовательность с обратной косой чертой. Для числовых типов данных можно рассчитывать на то, что значения никогда не будут выводиться в кавычках, но для текстовых типов следует быть готовым к тому, что выводимое значение массива может содержать кавычки.

По умолчанию нижняя граница всех размерностей массива равна одному. Чтобы представить массивы с другими нижними границами, перед содержимым массива можно указать диапазоны индексов. Такое оформление массива будет содержать квадратные скобки (`[]`) вокруг нижней и верх-

ней границ каждой размерности с двоеточием (:) между ними. За таким указанием размерности следует знак равно (=). Например:

```
SELECT f1[1][-2][3] AS e1, f1[1][-1][5] AS e2
FROM (SELECT '[1:1][-2:-1][3:5]={{{1,2,3},{4,5,6}}}'::int[] AS f1) AS ss;
```

```
e1 | e2
----+----
 1 |  6
(1 row)
```

Процедура вывода массива включает в результат явное указание размерностей, только если нижняя граница в одной или нескольких размерностях отличается от 1.

Если в качестве значения элемента задаётся NULL (в любом регистре), этот элемент считается равным непосредственно NULL. Если же оно включает кавычки или обратную косую черту, элементу присваивается текстовая строка «NULL». Кроме того, для обратной совместимости с версиями PostgreSQL до 8.2, параметр конфигурации `array_nulls` можно выключить (присвоив ему `off`), чтобы строки NULL не воспринимались как значения NULL.

Как было показано ранее, записывая значение массива, любой его элемент можно заключить в кавычки. Это *нужно* делать, если при разборе значения массива без кавычек возможна неоднозначность. Например, в кавычки необходимо заключать элементы, содержащие фигурные скобки, запятую (или разделитель, определённый для данного типа), кавычки, обратную косую черту, а также пробельные символы в начале или конце строки. Пустые строки и строки, содержащие одно слово NULL, также нужно заключать в кавычки. Чтобы включить кавычки или обратную косую черту в значение, заключённое в кавычки, добавьте обратную косую черту перед таким символом. С другой стороны, чтобы обойтись без кавычек, таким экранированием можно защитить все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса массива.

Перед открывающей и после закрывающей скобки можно добавлять пробельные символы. Пробелы также могут окружать каждую отдельную строку значения. Во всех случаях такие пробельные символы игнорируются. Однако все пробелы в строках, заключённых в кавычки, или окружённые не пробельными символами, напротив, учитываются.

Подсказка

Записывать значения массивов в командах SQL часто бывает удобнее с помощью конструктора `ARRAY` (см. Подраздел 4.2.12). В `ARRAY` отдельные значения элементов записываются так же, как если бы они не были членами массива.

8.16. Составные типы

Составной тип представляет структуру табличной строки или записи; по сути это просто список имён полей и соответствующих типов данных. PostgreSQL позволяет использовать составные типы во многом так же, как и простые типы. Например, в определении таблицы можно объявить столбец составного типа.

8.16.1. Объявление составных типов

Ниже приведены два простых примера определения составных типов:

```
CREATE TYPE complex AS (
    r      double precision,
    i      double precision
);
```

```
CREATE TYPE inventory_item AS (
    name      text,
```

```
supplier_id    integer,
price         numeric
);
```

Синтаксис очень похож на `CREATE TABLE`, за исключением того, что он допускает только названия полей и их типы, какие-либо ограничения (такие как `NOT NULL`) в настоящее время не поддерживаются. Заметьте, что ключевое слово `AS` здесь имеет значение; без него система будет считать, что подразумевается другой тип команды `CREATE TYPE`, и выдаст неожиданную синтаксическую ошибку.

Определив такие типы, мы можем использовать их в таблицах:

```
CREATE TABLE on_hand (
    item        inventory_item,
    count       integer
);
```

```
INSERT INTO on_hand VALUES (ROW('fuzzy dice', 42, 1.99), 1000);
```

или функциях:

```
CREATE FUNCTION price_extension(inventory_item, integer) RETURNS numeric
AS 'SELECT $1.price * $2' LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT price_extension(item, 10) FROM on_hand;
```

Всякий раз, когда создаётся таблица, вместе с ней автоматически создаётся составной тип. Этот тип представляет тип строки таблицы, и его именем становится имя таблицы. Например, при выполнении команды:

```
CREATE TABLE inventory_item (
    name          text,
    supplier_id   integer REFERENCES suppliers,
    price         numeric CHECK (price > 0)
);
```

в качестве побочного эффекта будет создан составной тип `inventory_item`, в точности соответствующий тому, что был показан выше, и использовать его можно так же. Однако заметьте, что в текущей реализации есть один недостаток: так как с составным типом не могут быть связаны ограничения, то описанные в определении таблицы ограничения *не применяются* к значениям составного типа вне таблицы. (Чтобы обойти этот недостаток, создайте домен поверх составного типа и добавьте желаемые ограничения в виде ограничений `CHECK` для данного домена.)

8.16.2. Конструирование составных значений

Чтобы записать значение составного типа в виде текстовой константы, его поля нужно заключить в круглые скобки и разделить их запятыми. Значение любого поля можно заключить в кавычки, а если оно содержит запятые или скобки, это делать обязательно. (Подробнее об этом говорится ниже.) Таким образом, в общем виде константа составного типа записывается так:

```
'( значение1 , значение2 , ... )'
```

Например, эта запись:

```
'("fuzzy dice",42,1.99)'
```

будет допустимой для описанного выше типа `inventory_item`. Чтобы присвоить `NULL` одному из полей, в соответствующем месте в списке нужно оставить пустое место. Например, эта константа задаёт значение `NULL` для третьего поля:

```
'("fuzzy dice",42,)'
```

Если же вместо `NULL` требуется вставить пустую строку, нужно записать пару кавычек:

```
'("",42,)'
```

Здесь в первом поле окажется пустая строка, а в третьем — NULL.

(Такого рода константы массивов на самом деле представляют собой всего лишь частный случай констант, описанных в Подразделе 4.1.2.7. Константа изначально воспринимается как строка и передаётся процедуре преобразования составного типа. При этом может потребоваться явно указать тип, к которому будет приведена константа.)

Значения составных типов также можно конструировать, используя синтаксис выражения ROW. В большинстве случаев это значительно проще, чем записывать значения в строке, так как при этом не нужно беспокоиться о вложенности кавычек. Мы уже обсуждали этот метод ранее:

```
ROW('fuzzy dice', 42, 1.99)
ROW('', 42, NULL)
```

Ключевое слово ROW на самом деле может быть необязательным, если в выражении определяются несколько полей, так что эту запись можно упростить до:

```
('fuzzy dice', 42, 1.99)
('', 42, NULL)
```

Синтаксис выражения ROW более подробно рассматривается в Подразделе 4.2.13.

8.16.3. Обращение к составным типам

Чтобы обратиться к полю столбца составного типа, после имени столбца нужно добавить точку и имя поля, подобно тому, как указывается столбец после имени таблицы. На самом деле, эти обращения неотличимы, так что часто бывает необходимо использовать скобки, чтобы команда была разобрана правильно. Например, можно попытаться выбрать поле столбца из тестовой таблицы on_hand таким образом:

```
SELECT item.name FROM on_hand WHERE item.price > 9.99;
```

Но это не будет работать, так как согласно правилам SQL имя item здесь воспринимается как имя таблицы, а не столбца в таблице on_hand. Поэтому этот запрос нужно переписать так:

```
SELECT (item).name FROM on_hand WHERE (item).price > 9.99;
```

либо указать также и имя таблицы (например, в запросе с многими таблицами), примерно так:

```
SELECT (on_hand.item).name FROM on_hand WHERE (on_hand.item).price > 9.99;
```

В результате объект в скобках будет правильно интерпретирован как ссылка на столбец item, из которого выбирается поле.

При выборке поля из значения составного типа также возможны подобные синтаксические казусы. Например, чтобы выбрать одно поле из результата функции, возвращающей составное значение, потребуется написать что-то подобное:

```
SELECT (my_func(...)).field FROM ...
```

Без дополнительных скобок в этом запросе произойдёт синтаксическая ошибка.

Специальное имя поля * означает «все поля»; подробнее об этом рассказывается в Подразделе 8.16.5.

8.16.4. Изменение составных типов

Ниже приведены примеры правильных команд добавления и изменения значений составных столбцов. Первые команды иллюстрируют добавление или изменение всего столбца:

```
INSERT INTO mytab (complex_col) VALUES ((1.1,2.2));
```

```
UPDATE mytab SET complex_col = ROW(1.1,2.2) WHERE ...;
```

В первом примере опущено ключевое слово ROW, а во втором оно есть; присутствовать или отсутствовать оно может в обоих случаях.

Мы можем изменить также отдельное поле составного столбца:

```
UPDATE mytab SET complex_col.r = (complex_col).r + 1 WHERE ...;
```

Заметьте, что при этом не нужно (и на самом деле даже нельзя) заключать в скобки имя столбца, следующее сразу за предложением SET, но в ссылке на тот же столбец в выражении, находящемся по правую сторону знака равенства, скобки обязательны.

И мы также можем указать поля в качестве цели команды INSERT:

```
INSERT INTO mytab (complex_col.r, complex_col.i) VALUES(1.1, 2.2);
```

Если при этом мы не укажем значения для всех полей столбца, оставшиеся поля будут заполнены значениями NULL.

8.16.5. Использование составных типов в запросах

С составными типами в запросах связаны особые правила синтаксиса и поведение. Эти правила образуют полезные конструкции, но они могут быть неочевидными, если не понимать стоящую за ними логику.

В PostgreSQL ссылка на имя таблицы (или её псевдоним) в запросе по сути является ссылкой на составное значение текущей строки в этой таблице. Например, имея таблицу `inventory_item`, показанную выше, мы можем написать:

```
SELECT c FROM inventory_item c;
```

Этот запрос выдаёт один столбец с составным значением, и его результат может быть таким:

```

      c
-----
("fuzzy dice",42,1.99)
(1 row)
```

Заметьте, однако, что простые имена сопоставляются сначала с именами столбцов, и только потом с именами таблиц, так что такой результат получается только потому, что в таблицах запроса не оказалось столбца с именем `c`.

Обычную запись полного имени столбца вида `имя_таблицы.имя_столбца` можно понимать как применение выбора поля к составному значению текущей строки таблицы. (Из соображений эффективности на самом деле это реализовано по-другому.)

Когда мы пишем

```
SELECT c.* FROM inventory_item c;
```

то, согласно стандарту SQL, мы должны получить содержимое таблицы, развёрнутое в отдельные столбцы:

```

      name      | supplier_id | price
-----+-----+-----
fuzzy dice |          42 |   1.99
(1 row)
```

как с запросом

```
SELECT c.name, c.supplier_id, c.price FROM inventory_item c;
```

PostgreSQL применяет такое развёртывание для любых выражений с составными значениями, хотя как показано выше, необходимо заключить в скобки значение, к которому применяется `.*`, если только это не простое имя таблицы. Например, если `myfunc()` — функция, возвращающая составной тип со столбцами `a`, `b` и `c`, то эти два запроса выдадут одинаковый результат:

```
SELECT (myfunc(x)).* FROM some_table;
SELECT (myfunc(x)).a, (myfunc(x)).b, (myfunc(x)).c FROM some_table;
```


Подсказка

PostgreSQL осуществляет развёртывание столбцов фактически переводя первую форму во вторую. Таким образом, в данном примере `myfunc()` будет вызываться три раза для каждой строки и с одним, и с другим синтаксисом. Если это дорогостоящая функция, и вы хотите избежать лишних вызовов, можно использовать такой запрос:

```
SELECT m.* FROM some_table, LATERAL myfunc(x) AS m;
```

Размещение вызова функции в элементе `FROM LATERAL` гарантирует, что она будет вызываться для строки не более одного раза. Конструкция `m.*` так же разворачивается в `m.a`, `m.b`, `m.c`, но теперь эти переменные просто ссылаются на выходные значения `FROM`. (Ключевое слово `LATERAL` здесь является необязательным, но мы добавили его, чтобы подчеркнуть, что функция получает `x` из `some_table`.)

Запись `составное_значение.*` приводит к такому развёртыванию столбцов, когда она фигурирует на верхнем уровне выходного списка `SELECT`, в списке `RETURNING` команд `INSERT/UPDATE/DELETE`, в предложении `VALUES` или в конструкторе строки. Во всех других контекстах (включая вложенные в одну из этих конструкций), добавление `.*` к составному значению не меняет это значение, так как это воспринимается как «все столбцы» и поэтому выдаётся то же составное значение. Например, если функция `somefunc()` принимает в качестве аргумента составное значение, эти запросы равносильны:

```
SELECT somefunc(c.*) FROM inventory_item c;
SELECT somefunc(c) FROM inventory_item c;
```

В обоих случаях текущая строка таблицы `inventory_item` передаётся функции как один аргумент с составным значением. И хотя дополнение `.*` в этих случаях не играет роли, использовать его считается хорошим стилем, так как это ясно указывает на использование составного значения. В частности анализатор запроса воспримет `c` в записи `c.*` как ссылку на имя или псевдоним таблицы, а не имя столбца, что избавляет от неоднозначности; тогда как без `.*` неясно, означает ли `c` имя таблицы или имя столбца, и на самом деле при наличии столбца с именем `c` будет выбрано второе прочтение.

Эту концепцию демонстрирует и следующий пример, все запросы в котором действуют одинаково:

```
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY c;
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY c.*;
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY ROW(c.*);
```

Все эти предложения `ORDER BY` обращаются к составному значению строки, вследствие чего строки сортируются по правилам, описанным в Подразделе 9.23.6. Однако, если в `inventory_item` содержится столбец с именем `c`, первый запрос будет отличаться от других, так как в нём выполнится сортировка только по данному столбцу. С показанными выше именами столбцов предыдущим запросам также равнозначны следующие:

```
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY ROW(c.name, c.supplier_id, c.price);
SELECT * FROM inventory_item c ORDER BY (c.name, c.supplier_id, c.price);
```

(В последнем случае используется конструктор строки, в котором опущено ключевое слово `ROW`.)

Другая особенность синтаксиса, связанная с составными значениями, состоит в том, что мы можем использовать *функциональную запись* для извлечения поля составного значения. Это легко можно объяснить тем, что записи `поле(таблица)` и `таблица.поле` взаимозаменяемы. Например, следующие запросы равнозначны:

```
SELECT c.name FROM inventory_item c WHERE c.price > 1000;
SELECT name(c) FROM inventory_item c WHERE price(c) > 1000;
```

Более того, если у нас есть функция, принимающая один аргумент составного типа, мы можем вызвать её в любой записи. Все эти запросы равносильны:

```
SELECT somefunc(c) FROM inventory_item c;
```

```
SELECT somefunc(c.*) FROM inventory_item c;
SELECT c.somefunc FROM inventory_item c;
```

Эта равнозначность записи с полем и функциональной записи позволяет использовать с составными типами функции, реализующие «вычисляемые поля». При этом приложению, использующему последний из предыдущих запросов, не нужно знать, что фактически `somefunc` — не настоящий столбец таблицы.

Подсказка

Учитывая такое поведение, будет неразумно давать функции, принимающей один аргумент составного типа, то же имя, что и одному из полей данного составного типа. В случае неоднозначности прочтение имени поля будет выбрано при использовании синтаксиса обращения к полю, а прочтение имени функции — если используется синтаксис вызова функции. Однако в PostgreSQL до 11 версии всегда выбиралось прочтение имени поля, если только синтаксис вызова не подталкивал к прочтению имени функции. Чтобы принудительно выбрать прочтение имени функции, в предыдущих версиях надо было дополнить это имя схемой, то есть написать `схема.функция(составное_значение)`.

8.16.6. Синтаксис вводимых и выводимых значений составного типа

Внешнее текстовое представление составного значения состоит из записи элементов, интерпретируемых по правилам ввода/вывода для соответствующих типов полей, и оформления структуры составного типа. Оформление состоит из круглых скобок `(( и ))` окружающих всё значение, и запятых `,` между его элементами. Пробельные символы вне скобок игнорируются, но внутри они считаются частью соответствующего элемента и могут учитываться или не учитываться в зависимости от правил преобразования вводимых данных для типа этого элемента. Например, в записи:

```
' ( 42) '
```

пробелы будут игнорироваться, если соответствующее поле имеет целочисленный тип, но не текстовый.

Как было показано ранее, записывая составное значение, любой его элемент можно заключить в кавычки. Это *нужно* делать, если при разборе этого значения без кавычек возможна неоднозначность. Например, в кавычки нужно заключать элементы, содержащие скобки, кавычки, запятую или обратную косую черту. Чтобы включить в поле составного значения, заключённое в кавычки, такие символы, как кавычки или обратная косая черта, перед ними нужно добавить обратную косую черту. (Кроме того, продублированные кавычки в значении поля, заключённого в кавычки, воспринимаются как одинарные, подобно апострофам в строках SQL.) С другой стороны, можно обойтись без кавычек, защитив все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса составного значения, с помощью спецпоследовательностей.

Значение NULL в этой записи представляется пустым местом (когда между запятыми или скобками нет никаких символов). Чтобы ввести именно пустую строку, а не NULL, нужно написать `""`.

Функция вывода составного значения заключает значения полей в кавычки, если они представляют собой пустые строки, либо содержат скобки, запятые, кавычки или обратную косую черту, либо состоят из одних пробелов. (В последнем случае можно обойтись без кавычек, но они добавляются для удобочитаемости.) Кавычки и обратная косая черта, заключённые в значения полей, при выводе дублируются.

Примечание

Помните, что написанная SQL-команда прежде всего интерпретируется как текстовая строка, а затем как составное значение. Вследствие этого число символов обратной ко-

сой черты удваивается (если используются спецпоследовательности). Например, чтобы ввести в поле составного столбца значение типа `text` с обратной косой чертой и кавычками, команду нужно будет записать так:

```
INSERT ... VALUES ('(\"\"\\\"')');
```

Сначала обработчик спецпоследовательностей удаляет один уровень обратной косой черты, так что анализатор составного значения получает на вход `(\"\"\\\")`. В свою очередь, он передаёт эту строку процедуре ввода значения типа `text`, где она преобразуется в `\"`. (Если бы мы работали с типом данных, процедура ввода которого также интерпретирует обратную косую черту особым образом, например `bytea`, нам могло бы понадобиться уже восемь таких символов, чтобы сохранить этот символ в поле составного значения.) Во избежание такого дублирования спецсимволов строки можно заключать в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4).

Подсказка

Записывать составные значения в командах SQL часто бывает удобнее с помощью конструктора `ROW`. В `ROW` отдельные значения элементов записываются так же, как если бы они не были членами составного выражения.

8.17. Диапазонные типы

Диапазонные типы представляют диапазоны значений некоторого типа данных (он также называется *подтипом* диапазона). Например, диапазон типа `timestamp` может представлять временной интервал, когда зарезервирован зал заседаний. В данном случае типом данных будет `tsrange` (сокращение от «timestamp range»), а подтипом — `timestamp`. Подтип должен быть полностью упорядочиваемым, чтобы можно было однозначно определить, где находится значение по отношению к диапазону: внутри, до или после него.

Диапазонные типы полезны тем, что позволяют представить множество возможных значений в одной структуре данных и чётко выразить такие понятия, как пересечение диапазонов. Наиболее очевидный вариант их использования — применять диапазоны даты и времени для составления расписания, но также полезными могут оказаться диапазоны цен, интервалы измерений и т. д.

8.17.1. Встроенные диапазонные типы

PostgreSQL имеет следующие встроенные диапазонные типы:

- `int4range` — диапазон подтипа `integer`
- `int8range` — диапазон подтипа `bigint`
- `numrange` — диапазон подтипа `numeric`
- `tsrange` — диапазон подтипа `timestamp without time zone`
- `tstzrange` — диапазон подтипа `timestamp with time zone`
- `daterange` — диапазон подтипа `date`

Помимо этого, вы можете определять собственные типы; подробнее это описано в `CREATE TYPE`.

8.17.2. Примеры

```
CREATE TABLE reservation (room int, during tsrange);
INSERT INTO reservation VALUES
    (1108, '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');

-- Вхождение
```

```
SELECT int4range(10, 20) @> 3;

-- Перекрытие
SELECT numrange(11.1, 22.2) && numrange(20.0, 30.0);

-- Получение верхней границы
SELECT upper(int8range(15, 25));

-- Вычисление пересечения
SELECT int4range(10, 20) * int4range(15, 25);

-- Является ли диапазон пустым?
SELECT isempty(numrange(1, 5));
```

Полный список операторов и функций, предназначенных для диапазонных типов, приведён в Таблице 9.50 и Таблице 9.51.

8.17.3. Включение и исключение границ

Любой непустой диапазон имеет две границы, верхнюю и нижнюю, и включает все точки между этими значениями. В него также может входить точка, лежащая на границе, если диапазон включает эту границу. И наоборот, если диапазон не включает границу, считается, что точка, лежащая на этой границе, в него не входит.

В текстовой записи диапазона включение нижней границы обозначается символом «[», а исключением — символом «(». Для верхней границы включение обозначается аналогично, символом «]», а исключение — символом «)». (Подробнее это описано в Подразделе 8.17.5.)

Для проверки, включается ли нижняя или верхняя граница в диапазон, предназначены функции `lower_inc` и `upper_inc`, соответственно.

8.17.4. Неограниченные (бесконечные) диапазоны

Нижнюю границу диапазона можно опустить и определить тем самым диапазон, включающий все точки, лежащие ниже верхней границы. Подобным образом, если не определить верхнюю границу, в диапазон войдут все точки, лежащие выше нижней границы. Если же опущена и нижняя, и правая границы, такой диапазон будет включать все возможные значения своего подтипа.

Это равнозначно тому, что нижней границей будет считаться «минус бесконечность», а верхней — «плюс бесконечность». Но заметьте, что эти бесконечные значения не являются значениями подтипа диапазона и поэтому также не могут входить в диапазон. (Как следствие, нет такого понятия, как включаемая нижняя бесконечная граница — если попытаться записать такой диапазон, она будет автоматически преобразована в исключаемую.)

Кроме этого, в некоторых типах есть понятие «бесконечность», но в данном контексте оно считается просто одним из значений. Например, во временных диапазонах `[today, ]` означает то же самое, что и `[today, )`. Но диапазон `[today, infinity]` отличается от `[today, infinity)` — в последнем специальное значение `infinity` типа `timestamp` не входит в диапазон.

Проверить, определена ли верхняя или нижняя граница, можно с помощью функций `lower_inf` и `upper_inf`, соответственно.

8.17.5. Ввод/вывод диапазонов

Вводимое значение диапазона должно записываться в одной из следующих форм:

```
(нижняя-граница, верхняя-граница)
(нижняя-граница, верхняя-граница]
[нижняя-граница, верхняя-граница)
[нижняя-граница, верхняя-граница]
empty
```

Тип скобок (квадратные или круглые) определяет, включаются ли в диапазон соответствующие границы, как описано выше. Заметьте, что последняя форма содержит только слово `empty` и определяет пустой диапазон (диапазон, не содержащий точек).

Здесь *нижняя-граница* может быть строкой с допустимым значением подтипа или быть пустой (тогда диапазон будет без нижней границы). Аналогично, *верхняя-граница* может задаваться одним из значений подтипа или быть неопределённой (пустой).

Любое значение диапазона можно заключить в кавычки ("). А если значение содержит круглые или квадратные скобки, запятые, кавычки или обратную косую черту, использовать кавычки необходимо, чтобы эти символы не рассматривались как часть синтаксиса диапазона. Чтобы включить в значение диапазона, заключённое в кавычки, такие символы, как кавычки или обратная косая черта, перед ними нужно добавить обратную косую черту. (Кроме того, продублированные кавычки в значении диапазона, заключённого в кавычки, воспринимаются как одинарные, подобно апострофам в строках SQL.) С другой стороны, можно обойтись без кавычек, защитив все символы в данных, которые могут быть восприняты как часть синтаксиса диапазона, с помощью спецпоследовательностей. Чтобы задать в качестве границы пустую строку, нужно ввести "", так как пустая строка без кавычек будет означать отсутствие границы.

Пробельные символы до и после определения диапазона игнорируются, но когда они присутствуют внутри скобок, они воспринимаются как часть значения верхней или нижней границы. (Хотя они могут также игнорироваться в зависимости от подтипа диапазона.)

Примечание

Эти правила очень похожи на правила записи значений для полей составных типов. Дополнительные замечания приведены в Подразделе 8.16.6.

Примеры:

```
-- в диапазон включается 3, не включается 7 и включаются все точки между ними
SELECT '[3,7) '::int4range;

-- в диапазон не включаются 3 и 7, но включаются все точки между ними
SELECT '(3,7) '::int4range;

-- в диапазон включается только одно значение 4
SELECT '[4,4] '::int4range;

-- диапазон не включает никаких точек (нормализация заменит его определение
-- на 'empty')
SELECT '[4,4) '::int4range;
```

8.17.6. Конструирование диапазонов

Для каждого диапазонного типа определена функция конструктора, имеющая то же имя, что и данный тип. Использовать этот конструктор обычно удобнее, чем записывать текстовую константу диапазона, так как это избавляет от потребности в дополнительных кавычках. Функция конструктора может принимать два или три параметра. Вариант с двумя параметрами создаёт диапазон в стандартной форме (нижняя граница включается, верхняя исключается), тогда как для варианта с тремя параметрами включение границ определяется третьим параметром. Третий параметр должен содержать одну из строк: «()», «[]», «()» или «[]». Например:

```
-- Полная форма: нижняя граница, верхняя граница и текстовая строка, определяющая
-- включение/исключение границ.
SELECT numrange(1.0, 14.0, '()');

-- Если третий аргумент опущен, подразумевается '()'.
```

```
-- Хотя здесь указывается '()', при выводе значение будет приведено к
-- каноническому виду, так как int8range — тип дискретного диапазона (см. ниже).
SELECT int8range(1, 14, '()');

-- Когда вместо любой границы указывается NULL, соответствующей границы
-- у диапазона не будет.
SELECT numrange(NULL, 2.2);
```

8.17.7. Типы дискретных диапазонов

Дискретным диапазоном считается диапазон, для подтипа которого однозначно определён «шаг», как например для типов `integer` и `date`. Значения этих двух типов можно назвать соседними, когда между ними нет никаких других значений. В непрерывных диапазонах, напротив, всегда (или почти всегда) можно найти ещё одно значение между двумя данными. Например, непрерывным диапазоном будет диапазон с подтипами `numeric` и `timestamp`. (Хотя `timestamp` имеет ограниченную точность, то есть теоретически он является дискретным, но всё же лучше считать его непрерывным, так как шаг его обычно не определён.)

Можно также считать дискретным подтип диапазона, в котором чётко определены понятия «следующего» и «предыдущего» элемента для каждого значения. Такие определения позволяют преобразовывать границы диапазона из включаемых в исключаемые, выбирая следующий или предыдущий элемент вместо заданного значения. Например, диапазоны целочисленного типа `[4, 8]` и `(3, 9)` описывают одно и то же множество значений; но для диапазона подтипа `numeric` это не так.

Для типа дискретного диапазона определяется функция *канонизации*, учитывающая размер шага для данного подтипа. Задача этой функции — преобразовать равнозначные диапазоны к единственному представлению, в частности нормализовать включаемые и исключаемые границы. Если функция канонизации не определена, диапазоны с различным определением будут всегда считаться разными, даже когда они на самом деле представляют одно множество значений.

Для встроенных типов `int4range`, `int8range` и `daterange` каноническое представление включает нижнюю границу и не включает верхнюю; то есть диапазон приводится к виду `()`. Однако для нестандартных типов можно использовать и другие соглашения.

8.17.8. Определение новых диапазонных типов

Пользователи могут определять собственные диапазонные типы. Это может быть полезно, когда нужно использовать диапазоны с подтипами, для которых нет встроенных диапазонных типов. Например, можно определить новый тип диапазона для подтипа `float8`:

```
CREATE TYPE floatrange AS RANGE (
    subtype = float8,
    subtype_diff = float8mi
);

SELECT '[1.234, 5.678]':::floatrange;
```

Так как для `float8` осмысленное значение «шага» не определено, функция канонизации в данном примере не задаётся.

Определяя собственный диапазонный тип, вы также можете выбрать другие правила сортировки или класс оператора B-дерева для его подтипа, что позволит изменить порядок значений, от которого зависит, какие значения попадают в заданный диапазон.

Если подтип можно рассматривать как дискретный, а не непрерывный, в команде `CREATE TYPE` следует также задать функцию канонизации. Этой функции будет передаваться значение диапазона, а она должна вернуть равнозначное значение, но, возможно, с другими границами и форматированием. Для двух диапазонов, представляющих одно множество значений, например, целочисленные диапазоны `[1, 7]` и `[1, 8)`, функция канонизации должна выдавать один результат. Какое именно представление будет считаться каноническим, не имеет значения — главное, чтобы два

равнозначных диапазона, отформатированных по-разному, всегда преобразовывались в одно значение с одинаковым форматированием. Помимо исправления формата включаемых/исключаемых границ, функция канонизации может округлять значения границ, если размер шага превышает точность хранения подтипа. Например, в типе диапазона для подтипа `timestamp` можно определить размер шага, равный часу, тогда функция канонизации должна будет округлить границы, заданные, например с точностью до минут, либо вместо этого выдать ошибку.

Помимо этого, для любого диапазонного типа, ориентированного на использование с индексами GiST или SP-GiST, должна быть определена разница значений подтипов, функция `subtype_diff`. (Индекс сможет работать и без `subtype_diff`, но в большинстве случаев это будет не так эффективно.) Эта функция принимает на вход два значения подтипа и возвращает их разницу (т. е. x минус y) в значении типа `float8`. В показанном выше примере может использоваться функция `float8mi`, определяющая нижележащую реализацию обычного оператора «минус» для типа `float8`, но для другого подтипа могут потребоваться дополнительные преобразования. Иногда для представления разницы в числовом виде требуется ещё и творческий подход. Функция `subtype_diff`, насколько это возможно, должна быть согласована с порядком сортировки, вытекающим из выбранных правил сортировки и класса оператора; то есть, её результат должен быть положительным, если согласно порядку сортировки первый её аргумент больше второго.

Ещё один, не столь тривиальный пример функции `subtype_diff`:

```
CREATE FUNCTION time_subtype_diff(x time, y time) RETURNS float8 AS
'SELECT EXTRACT(EPOCH FROM (x - y))' LANGUAGE sql STRICT IMMUTABLE;
```

```
CREATE TYPE timerange AS RANGE (
    subtype = time,
    subtype_diff = time_subtype_diff
);
```

```
SELECT '[11:10, 23:00]':::timerange;
```

Дополнительные сведения о создании диапазонных типов можно найти в описании `CREATE TYPE`.

8.17.9. Индексация

Для столбцов, имеющих диапазонный тип, можно создать индексы GiST и SP-GiST. Например, так создаётся индекс GiST:

```
CREATE INDEX reservation_idx ON reservation USING GIST (during);
```

Индекс GiST или SP-GiST помогает ускорить запросы со следующими операторами: `=`, `&&`, `<@`, `@>`, `<<`, `>>`, `-|-`, `&<` и `&>` (дополнительно о них можно узнать в Таблице 9.50).

Кроме того, для таких столбцов можно создать индексы на основе хеша и В-деревьев. Для индексов таких типов полезен по сути только один оператор диапазона — равно. Порядок сортировки В-дерева определяется для значений диапазона соответствующими операторами `<` и `>`, но этот порядок может быть произвольным и он не очень важен в реальном мире. Поддержка В-деревьев и хешей диапазонными типами нужна в основном для сортировки и хеширования при выполнении запросов, но не для создания самих индексов.

8.17.10. Ограничения для диапазонов

Тогда как для скалярных значений естественным ограничением является `UNIQUE`, оно обычно не подходит для диапазонных типов. Вместо этого чаще оказываются полезнее ограничения-исключения (см. `CREATE TABLE ... CONSTRAINT ... EXCLUDE`). Такие ограничения позволяют, например определить условие «непересечения» диапазонов. Например:

```
CREATE TABLE reservation (
    during tsrange,
    EXCLUDE USING GIST (during WITH &&)
);
```

Это ограничение не позволит одновременно сохранить в таблице несколько диапазонов, которые накладываются друг на друга:

```
INSERT INTO reservation VALUES
    ('[2010-01-01 11:30, 2010-01-01 15:00)');
INSERT 0 1

INSERT INTO reservation VALUES
    ('[2010-01-01 14:45, 2010-01-01 15:45)');
ОШИБКА: конфликтующее значение ключа нарушает ограничение-исключение
"reservation_during_excl"
ПОДРОБНОСТИ: Ключ (during)=(["2010-01-01 14:45:00","2010-01-01 15:45:00"])
конфликтует с существующим ключом (during)=(["2010-01-01 11:30:00","2010-01-01
15:00:00"])
```

Для максимальной гибкости в ограничении-исключении можно сочетать простые скалярные типы данных с диапазонами, используя расширение `btree_gist`. Например, если `btree_gist` установлено, следующее ограничение не будет допускать пересекающиеся диапазоны, только если совпадают также и номера комнат:

```
CREATE EXTENSION btree_gist;
CREATE TABLE room_reservation (
    room text,
    during tsrange,
    EXCLUDE USING GIST (room WITH =, during WITH &&)
);

INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123A', '[2010-01-01 14:00, 2010-01-01 15:00)');
INSERT 0 1

INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123A', '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');
ОШИБКА: конфликтующее значение ключа нарушает ограничение-исключение
"room_reservation_room_during_excl"
ПОДРОБНОСТИ: Ключ (room, during)=(123A, [ 2010-01-01 14:30:00,
2010-01-01 15:30:00 ]) конфликтует
с существующим ключом (room, during)=(123A, ["2010-01-01 14:00:00","2010-01-01
15:00:00"])).

INSERT INTO room_reservation VALUES
    ('123B', '[2010-01-01 14:30, 2010-01-01 15:30)');
INSERT 0 1
```

8.18. Типы доменов

Домен — пользовательский тип данных, основанный на другом *нижележащем типе*. Он может быть определён с условиями, ограничивающими множество допустимых значений подмножеством значений нижележащего типа. В остальном он ведёт себя как нижележащий тип — например, с доменными типом будут работать любые операторы или функции, применимые к нижележащему типу. Нижележащим типом может быть любой встроенный или пользовательский базовый тип, тип-перечисление, массив, составной тип, диапазон или другой домен.

Например, мы можем создать домен поверх целых чисел, принимающий только положительные числа:

```
CREATE DOMAIN posint AS integer CHECK (VALUE > 0);
CREATE TABLE mytable (id posint);
INSERT INTO mytable VALUES(1);    -- работает
INSERT INTO mytable VALUES(-1);  -- ошибка
```


Когда к значению доменного типа применяются операторы или функции, предназначенные для нижележащего типа, домен автоматически приводится к нижележащему типу. Так, например, результат операции `mytable.id - 1` будет считаться имеющим тип `integer`, а не `posint`. Мы могли бы записать `(mytable.id - 1)::posint`, чтобы снова привести результат к типу `posint`, что повлечёт перепроверку ограничений домена. В этом случае, если данное выражение будет применено к `id`, равному 1, произойдёт ошибка. Значение нижележащего типа можно присвоить полю или переменной доменного типа, не записывая приведение явно, но и в этом случае ограничения домена будут проверяться.

За дополнительными сведениями обратитесь к описанию `CREATE DOMAIN`.

8.19. Идентификаторы объектов

Идентификатор объекта (Object Identifier, OID) используется внутри PostgreSQL в качестве первичного ключа различных системных таблиц. В пользовательские таблицы столбец OID добавляется, только если при создании таблицы указывается `WITH OIDS` или включён параметр конфигурации `default_with_oids`. Идентификатор объекта представляется в типе `oid`. Также для типа `oid` определены следующие псевдонимы: `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regclass`, `regtype`, `regrole`, `regnamespace`, `regconfig` и `regdictionary`. Обзор этих типов приведён в Таблице 8.24.

В настоящее время тип `oid` реализован как четырёхбайтное целое. Таким образом оно может быть недостаточно большим для обеспечения уникальности в базе данных или даже в отдельных больших таблицах. Поэтому в пользовательских таблицах использовать столбец типа OID в качестве первичного ключа не рекомендуется. Лучше всего ограничить применение этого типа обращениями к системным таблицам.

Для самого типа `oid` помимо сравнения определены всего несколько операторов. Однако его можно привести к целому и затем задействовать в обычных целочисленных вычислениях. (При этом следует опасаться путаницы со знаковыми/беззнаковыми значениями.)

Типы-псевдонимы OID сами по себе не вводят новых операций и отличаются только специализированными функциями ввода/вывода. Эти функции могут принимать и выводить не просто числовые значения, как тип `oid`, а символические имена системных объектов. Эти типы позволяют упростить поиск объектов по значениям OID. Например, чтобы выбрать из `pg_attribute` строки, относящиеся к таблице `mytable`, можно написать:

```
SELECT * FROM pg_attribute WHERE attrelid = 'mytable'::regclass;
```

вместо:

```
SELECT * FROM pg_attribute
WHERE attrelid = (SELECT oid FROM pg_class WHERE relname = 'mytable');
```

Хотя второй вариант выглядит не таким уж плохим, но это лишь очень простой запрос. Если же потребуется выбрать правильный OID, когда таблица `mytable` есть в нескольких схемах, вложенный подзапрос будет гораздо сложнее. Преобразователь вводимого значения типа `regclass` находит таблицу согласно заданному пути поиска схем, так что он делает «всё правильно» автоматически. Аналогично, приведя идентификатор таблицы к типу `regclass`, можно получить символическое представление числового кода.

Таблица 8.24. Идентификаторы объектов

Имя	Ссылки	Описание	Пример значения
<code>oid</code>	<code>any</code>	числовой идентификатор объекта	564182
<code>regproc</code>	<code>pg_proc</code>	имя функции	<code>sum</code>
<code>regprocedure</code>	<code>pg_proc</code>	функция с типами аргументов	<code>sum(int4)</code>
<code>regoper</code>	<code>pg_operator</code>	имя оператора	<code>+</code>

Имя	Ссылки	Описание	Пример значения
regoperator	pg_operator	оператор с типами аргументов	<code>*(integer, integer)</code> или <code>-(NONE, integer)</code>
regclass	pg_class	имя отношения	pg_type
regtype	pg_type	имя типа данных	integer
regrole	pg_authid	имя роли	smithee
regnamespace	pg_namespace	пространство имён	pg_catalog
regconfig	pg_ts_config	конфигурация текстового поиска	english
regdictionary	pg_ts_dict	словарь текстового поиска	simple

Все типы псевдонимов OID для объектов, сгруппированных в пространство имён, принимают имена, дополненные именем схемы, и выводят имена со схемой, если данный объект нельзя будет найти в текущем пути поиска без имени схемы. Типы `regproc` и `regoper` принимают только уникальные вводимые имена (не перегруженные), что ограничивает их применимость; в большинстве случаев лучше использовать `regprocedure` или `regoperator`. Для типа `regoperator` в записи унарного оператора неиспользуемый операнд заменяется словом `NONE`.

Дополнительным свойством большинства типов псевдонимов OID является образование зависимостей. Когда в сохранённом выражении фигурирует константа одного из этих типов (например, в представлении или в значении столбца по умолчанию), это создаёт зависимость от целевого объекта. Например, если значение по умолчанию определяется выражением `nextval('my_seq'::regclass)`, PostgreSQL понимает, что это выражение зависит от последовательности `my_seq`, и не позволит удалить последовательность раньше, чем будет удалено это выражение. Единственным ограничением является тип `regrole`. Константы этого типа в таких выражениях не допускаются.

Примечание

Типы псевдонимов OID не полностью следуют правилам изоляции транзакций. Планировщик тоже воспринимает их как простые константы, что может привести к неоптимальному планированию запросов.

Есть ещё один тип системных идентификаторов, `xid`, представляющий идентификатор транзакции (сокращённо `xact`). Этот тип имеют системные столбцы `xmin` и `xmax`. Идентификаторы транзакций определяются 32-битными числами.

Третий тип идентификаторов, используемых в системе, — `cid`, идентификатор команды (`command identifier`). Этот тип данных имеют системные столбцы `cmin` и `cmx`. Идентификаторы команд — это тоже 32-битные числа.

И наконец, последний тип системных идентификаторов — `tid`, идентификатор строки/кортежа (`tuple identifier`). Этот тип данных имеет системный столбец `ctid`. Идентификатор кортежа представляет собой пару (из номера блока и индекса кортежа в блоке), идентифицирующую физическое расположение строки в таблице.

(Подробнее о системных столбцах рассказывается в Разделе 5.4.)

8.20. Тип `pg_lsn`

Тип данных `pg_lsn` может применяться для хранения значения LSN (последовательный номер в журнале, Log Sequence Number), которое представляет собой указатель на позицию в журнале WAL. Этот тип содержит `XLogRecPtr` и является внутренним системным типом PostgreSQL.

Технически LSN — это 64-битное целое, представляющее байтовое смещение в потоке журнала предзаписи. Он выводится в виде двух шестнадцатеричных чисел до 8 цифр каждое, через косую черту, например: 16/B374D848. Тип `pg_lsn` поддерживает стандартные операторы сравнения, такие как `=` и `>`. Можно также вычесть один LSN из другого с помощью оператора `-`; результатом будет число байт между этими двумя позициями в журнале предзаписи.

8.21. Псевдотипы

В систему типов PostgreSQL включены несколько специальных элементов, которые в совокупности называются *псевдотипами*. Псевдотип нельзя использовать в качестве типа данных столбца, но можно объявить функцию с аргументом или результатом такого типа. Каждый из существующих псевдотипов полезен в ситуациях, когда характер функции не позволяет просто получить или вернуть определённый тип данных SQL. Все существующие псевдотипы перечислены в Таблице 8.25.

Таблица 8.25. Псевдотипы

Имя	Описание
<code>any</code>	Указывает, что функция принимает любой вводимый тип данных.
<code>anyelement</code>	Указывает, что функция принимает любой тип данных (см. Подраздел 38.2.5).
<code>anyarray</code>	Указывает, что функция принимает любой тип массива (см. Подраздел 38.2.5).
<code>anynonarray</code>	Указывает, что функция принимает любой тип данных, кроме массивов (см. Подраздел 38.2.5).
<code>anyenum</code>	Указывает, что функция принимает любое перечисление (см. Подраздел 38.2.5 и Раздел 8.7).
<code>anyrange</code>	Указывает, что функция принимает любой диапазонный тип данных (см. Подраздел 38.2.5 и Раздел 8.17).
<code>cstring</code>	Указывает, что функция принимает или возвращает строку в стиле C.
<code>internal</code>	Указывает, что функция принимает или возвращает внутренний серверный тип данных.
<code>language_handler</code>	Обработчик процедурного языка объявляется как возвращающий тип <code>language_handler</code> .
<code>fdw_handler</code>	Обработчик обёртки сторонних данных объявляется как возвращающий тип <code>fdw_handler</code> .
<code>index_am_handler</code>	Обработчик метода доступа индекса объявляется как возвращающий тип <code>index_am_handler</code> .
<code>tsm_handler</code>	Обработчик метода выборки из таблицы объявляется как возвращающий тип <code>tsm_handler</code> .
<code>record</code>	Указывает, что функция принимает или возвращает неопределённый тип строки.
<code>trigger</code>	Триггерная функция объявляется как возвращающая тип <code>trigger</code> .
<code>event_trigger</code>	Функция событийного триггера объявляется как возвращающая тип <code>event_trigger</code> .
<code>pg_ddl_command</code>	Обозначает представление команд DDL, доступное событийным триггерам.
<code>void</code>	Указывает, что функция не возвращает значение.

Имя	Описание
unknown	Обозначает ещё не распознанный тип, то есть раскрытое строковое значение.
opaque	Устаревший тип, который раньше использовался во многих вышеперечисленных случаях.

Функции, написанные на языке C (встроенные или динамически загружаемые), могут быть объявлены с параметрами или результатами любого из этих типов. Ответственность за безопасное поведение функции с аргументами таких типов ложится на разработчика функции.

Функции, написанные на процедурных языках, могут использовать псевдотипы, только если это позволяет соответствующий язык. В настоящее время большинство процедурных языков запрещают использовать псевдотипы в качестве типа аргумента и позволяют использовать для результатов только типы `void` и `record` (и `trigger` или `event_trigger`, когда функция реализует триггер или событийный триггер). Некоторые языки также поддерживают полиморфные функции с типами `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`.

Псевдотип `internal` используется в объявлениях функций, предназначенных только для внутреннего использования в СУБД, но не для прямого вызова в запросах SQL. Если у функции есть как хотя бы один аргумент типа `internal`, её нельзя будет вызывать из SQL. Чтобы сохранить типобезопасность при таком ограничении, следуйте важному правилу: не создавайте функцию, возвращающую результат типа `internal`, если у неё нет ни одного аргумента `internal`.

Глава 9. Функции и операторы

PostgreSQL предоставляет огромное количество функций и операторов для встроенных типов данных. Кроме того, пользователи могут определять свои функции операторы, как описано в Части V. Просмотреть все существующие функции и операторы можно в `psql` с помощью команд `\df` и `\do`, соответственно.

Если для вас важна переносимость, учтите, что практически все функции и операторы, описанные в этой главе, за исключением простейших арифметических и операторов сравнения, а также явно отмеченных функций, не описаны в стандарте SQL. Тем не менее, частично эта расширенная функциональность присутствует и в других СУБД SQL и во многих случаях различные реализации одинаковых функций оказываются аналогичными и совместимыми. В этой главе не описываются абсолютно все функции; некоторые дополнительные функции рассматриваются в других разделах документации.

9.1. Логические операторы

Набор логических операторов включает обычные:

AND
OR
NOT

В SQL работает логическая система с тремя состояниями: `true` (истина), `false` (ложь) и `NULL`, «неопределённое» состояние. Рассмотрите следующие таблицы истинности:

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a AND b</i>	<i>a OR b</i>
TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
TRUE	FALSE	FALSE	TRUE
TRUE	NULL	NULL	TRUE
FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
FALSE	NULL	FALSE	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL

<i>a</i>	NOT <i>a</i>
TRUE	FALSE
FALSE	TRUE
NULL	NULL

Операторы `AND` и `OR` коммутативны, то есть от перемены мест операндов результат не меняется. Однако значение может иметь порядок вычисления подвыражений. Подробнее это описано в Подразделе 4.2.14.

9.2. Функции и операторы сравнения

Набор операторов сравнения включает обычные операторы, перечисленные в Таблице 9.1.

Таблица 9.1. Операторы сравнения

Оператор	Описание
<	меньше
>	больше
<=	меньше или равно
>=	больше или равно

Оператор	Описание
=	равно
<> или !=	не равно

Примечание

Оператор != преобразуется в <> на стадии разбора запроса. Как следствие, реализовать операторы != и <> по-разному невозможно.

Операторы сравнения определены для всех типов данных, для которых они имеют смысл. Все операторы сравнения представляют собой бинарные операторы, возвращающие значения типа `boolean`; при этом выражения вида `1 < 2 < 3` недопустимы (так как не существует оператора `<`, который бы сравнивал булево значение с 3).

Существует также несколько предикатов сравнения; они приведены в Таблице 9.2. Они работают подобно операторам, но имеют особый синтаксис, установленный стандартом SQL.

Таблица 9.2. Предикаты сравнения

Предикат	Описание
<code>a BETWEEN x AND y</code>	между
<code>a NOT BETWEEN x AND y</code>	не между
<code>a BETWEEN SYMMETRIC x AND y</code>	между, после сортировки сравниваемых значений
<code>a NOT BETWEEN SYMMETRIC x AND y</code>	не между, после сортировки сравниваемых значений
<code>a IS DISTINCT FROM b</code>	не равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение
<code>a IS NOT DISTINCT FROM b</code>	равно, при этом NULL воспринимается как обычное значение
<code>выражение IS NULL</code>	эквивалентно NULL
<code>выражение IS NOT NULL</code>	не эквивалентно NULL
<code>выражение ISNULL</code>	эквивалентно NULL (нестандартный синтаксис)
<code>выражение NOTNULL</code>	не эквивалентно NULL (нестандартный синтаксис)
<code>логическое_выражение IS TRUE</code>	истина
<code>логическое_выражение IS NOT TRUE</code>	ложь или неопределённость
<code>логическое_выражение IS FALSE</code>	ложь
<code>логическое_выражение IS NOT FALSE</code>	истина или неопределённость
<code>логическое_выражение IS UNKNOWN</code>	неопределённость
<code>логическое_выражение IS NOT UNKNOWN</code>	истина или ложь

Предикат `BETWEEN` упрощает проверки интервала:

`a BETWEEN x AND y`

равнозначно выражению

`a >= x AND a <= y`

Заметьте, что `BETWEEN` считает, что границы интервала также включаются в интервал. `NOT BETWEEN` выполняет противоположное сравнение:

`a NOT BETWEEN x AND y`

равнозначно выражению

```
a < x OR a > y
```

Предикат BETWEEN SYMMETRIC аналогичен BETWEEN, за исключением того, что аргумент слева от AND не обязательно должен быть меньше или равен аргументу справа. Если это не так, аргументы автоматически меняются местами, так что всегда подразумевается непустой интервал.

Обычные операторы сравнения выдают NULL (что означает «неопределённость»), а не true или false, когда любое из сравниваемых значений NULL. Например, 7 = NULL выдаёт NULL, так же, как и 7 <> NULL. Когда это поведение нежелательно, можно использовать предикаты IS [NOT] DISTINCT FROM:

```
a IS DISTINCT FROM b
a IS NOT DISTINCT FROM b
```

Для значений не NULL условие IS DISTINCT FROM работает так же, как оператор <>. Однако, если оба сравниваемых значения NULL, результат будет false, и только если одно из значений NULL, возвращается true. Аналогично, условие IS NOT DISTINCT FROM равносильно = для значений не NULL, но возвращает true, если оба сравниваемых значения NULL и false в противном случае. Таким образом, эти предикаты по сути работают с NULL, как с обычным значением, а не с «неопределённостью».

Для проверки, содержит ли значение NULL или нет, используются предикаты:

```
выражение IS NULL
выражение IS NOT NULL
```

или равнозначные (но нестандартные) предикаты:

```
выражение ISNULL
выражение NOTNULL
```

Заметьте, что проверка *выражение* = NULL не будет работать, так как NULL считается не «равным» NULL. (Значение NULL представляет неопределённость, и равны ли две неопределённости, тоже не определено.)

Подсказка

Некоторые приложения могут ожидать, что *выражение* = NULL вернёт true, если результатом *выражения* является NULL. Такие приложения настоятельно рекомендуется исправить и привести в соответствие со стандартом SQL. Однако, в случаях, когда это невозможно, это поведение можно изменить с помощью параметра конфигурации transform_null_equals. Когда этот параметр включён, PostgreSQL преобразует условие *x* = NULL в *x* IS NULL.

Если *выражение* возвращает табличную строку, тогда IS NULL будет истинным, когда само выражение — NULL или все поля строки — NULL, а IS NOT NULL будет истинным, когда само выражение не NULL, и все поля строки так же не NULL. Вследствие такого определения, IS NULL и IS NOT NULL не всегда будут возвращать взаимодополняющие результаты для таких выражений; в частности такие выражения со строками, одни поля которых NULL, а другие не NULL, будут ложными одновременно. В некоторых случаях имеет смысл написать *строка* IS DISTINCT FROM NULL или *строка* IS NOT DISTINCT FROM NULL, чтобы просто проверить, равно ли NULL всё значение строки, без каких-либо дополнительных проверок полей строки.

Логические значения можно также проверить с помощью предикатов

```
логическое_выражение IS TRUE
логическое_выражение IS NOT TRUE
логическое_выражение IS FALSE
логическое_выражение IS NOT FALSE
```

`логическое_выражение IS UNKNOWN`
`логическое_выражение IS NOT UNKNOWN`

Они всегда возвращают `true` или `false` и никогда `NULL`, даже если какой-либо операнд — `NULL`. Они интерпретируют значение `NULL` как «неопределённость». Заметьте, что `IS UNKNOWN` и `IS NOT UNKNOWN` по сути равнозначны `IS NULL` и `IS NOT NULL`, соответственно, за исключением того, что выражение может быть только булевого типа.

Также имеется несколько связанных со сравнениями функций; они перечислены в Таблице 9.3.

Таблица 9.3. Функции сравнения

Функция	Описание	Пример	Результат примера
<code>num_nonnulls(VARIADIC "any")</code>	возвращает число аргументов, отличных от <code>NULL</code>	<code>num_nonnulls(1, NULL, 2)</code>	2
<code>num_nulls(VARIADIC "any")</code>	возвращает число аргументов <code>NULL</code>	<code>num_nulls(1, NULL, 2)</code>	1

9.3. Математические функции и операторы

Математические операторы определены для множества типов PostgreSQL. Как работают эти операции с типами, для которых нет стандартных соглашений о математических действиях (например, с типами даты/времени), мы опишем в последующих разделах.

В Таблице 9.4 перечислены все доступные математические операторы.

Таблица 9.4. Математические операторы

Оператор	Описание	Пример	Результат
<code>+</code>	сложение	<code>2 + 3</code>	5
<code>-</code>	вычитание	<code>2 - 3</code>	-1
<code>*</code>	умножение	<code>2 * 3</code>	6
<code>/</code>	деление (при целочисленном делении остаток отбрасывается)	<code>4 / 2</code>	2
<code>%</code>	остаток от деления	<code>5 % 4</code>	1
<code>^</code>	возведение в степень (вычисляется слева направо)	<code>2.0 ^ 3.0</code>	8
<code> /</code>	квадратный корень	<code> / 25.0</code>	5
<code> /</code>	кубический корень	<code> / 27.0</code>	3
<code>!</code>	факториал	<code>5 !</code>	120
<code>!!</code>	факториал (префиксная форма)	<code>!! 5</code>	120
<code>@</code>	модуль числа (абсолютное значение)	<code>@ -5.0</code>	5
<code>&</code>	битовый AND	<code>91 & 15</code>	11
<code> </code>	битовый OR	<code>32 3</code>	35
<code>#</code>	битовый XOR	<code>17 # 5</code>	20
<code>~</code>	битовый NOT	<code>~1</code>	-2
<code><<</code>	битовый сдвиг влево	<code>1 << 4</code>	16
<code>>></code>	битовый сдвиг вправо	<code>8 >> 2</code>	2

Битовые операторы работают только с целостными типами данных, тогда как другие и работают и с остальными числовыми типами. Битовые операции также работают с битовыми строками `bit` и `bit varying`, как показано в Таблице 9.13.

В Таблице 9.5 перечислены все существующие математические функции. Сокращение `dp` в ней обозначает тип `double precision` (плавающее с двойной точностью). Многие из этих функций имеют несколько форм с разными типами аргументов. За исключением случаев, где это указано явно, любая форма функции возвращает результат того же типа, что и аргумент. Функции, работающие с данными `double precision`, в массе своей используют реализации из системных библиотек сервера, поэтому точность и поведение в граничных случаях может зависеть от системы сервера.

Таблица 9.5. Математические функции

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>abs(x)</code>	тип аргумента	модуль числа (абсолютное значение)	<code>abs(-17.4)</code>	17.4
<code>cbrt(dp)</code>	<code>dp</code>	кубический корень	<code>cbrt(27.0)</code>	3
<code>ceil(dp или numeric)</code>	тип аргумента	ближайшее целое, большее или равное аргументу	<code>ceil(-42.8)</code>	-42
<code>ceiling(dp или numeric)</code>	тип аргумента	ближайшее целое, большее или равное аргументу (равнозначно <code>ceil</code>)	<code>ceiling(-95.3)</code>	-95
<code>degrees(dp)</code>	<code>dp</code>	преобразование радианов в градусы	<code>degrees(0.5)</code>	28.6478897565412
<code>div(y numeric, x numeric)</code>	<code>numeric</code>	целочисленный результат y/x	<code>div(9,4)</code>	2
<code>exp(dp или numeric)</code>	тип аргумента	экспонента	<code>exp(1.0)</code>	2.71828182845905
<code>floor(dp или numeric)</code>	тип аргумента	ближайшее целое, меньшее или равное аргументу	<code>floor(-42.8)</code>	-43
<code>ln(dp или numeric)</code>	тип аргумента	натуральный логарифм	<code>ln(2.0)</code>	0.693147180559945
<code>log(dp или numeric)</code>	тип аргумента	логарифм по основанию 10	<code>log(100.0)</code>	2
<code>log(b numeric, x numeric)</code>	<code>numeric</code>	логарифм по основанию b	<code>log(2.0, 64.0)</code>	6.0000000000
<code>mod(y, x)</code>	зависит от типов аргументов	остаток от деления y/x	<code>mod(9,4)</code>	1
<code>pi()</code>	<code>dp</code>	константа «п»	<code>pi()</code>	3.14159265358979
<code>power(a dp, b dp)</code>	<code>dp</code>	a возводится в степень b	<code>power(9.0, 3.0)</code>	729
<code>power(a numeric, b numeric)</code>	<code>numeric</code>	a возводится в степень b	<code>power(9.0, 3.0)</code>	729

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>radians(dp)</code>	<code>dp</code>	преобразование градусов в радианы	<code>radians(45.0)</code>	0.785398163397448
<code>round(dp или numeric)</code>	тип аргумента	округление до ближайшего целого	<code>round(42.4)</code>	42
<code>round(v numeric, s int)</code>	<code>numeric</code>	округление <i>v</i> до <i>s</i> десятичных знаков	<code>round(42.4382, 2)</code>	42.44
<code>scale(numeric)</code>	<code>integer</code>	масштаб аргумента (число десятичных цифр в дробной части)	<code>scale(8.41)</code>	2
<code>sign(dp или numeric)</code>	тип аргумента	знак аргумента (-1, 0, +1)	<code>sign(-8.4)</code>	-1
<code>sqrt(dp или numeric)</code>	тип аргумента	квадратный корень	<code>sqrt(2.0)</code>	1.4142135623731
<code>trunc(dp или numeric)</code>	тип аргумента	округление к нулю	<code>trunc(42.8)</code>	42
<code>trunc(v numeric, s int)</code>	<code>numeric</code>	округление к 0 до <i>s</i> десятичных знаков	<code>trunc(42.4382, 2)</code>	42.43
<code>width_bucket(operand dp, b1 dp, b2 dp, count int)</code>	<code>int</code>	возвращает номер группы, в которую попадёт <i>operand</i> в гистограмме с числом групп <i>count</i> равного размера, в диапазоне от <i>b1</i> до <i>b2</i> ; возвращает 0 или <i>count</i> +1, если операнд лежит вне диапазона	<code>width_bucket(5.35, 0.024, 10.06, 5)</code>	3
<code>width_bucket(operand numeric, b1 numeric, b2 numeric, count int)</code>	<code>int</code>	возвращает номер группы, в которую попадёт <i>operand</i> в гистограмме с числом групп <i>count</i> равного размера, в диапазоне от <i>b1</i> до <i>b2</i> ; возвращает 0 или <i>count</i> +1, если операнд лежит вне диапазона	<code>width_bucket(5.35, 0.024, 10.06, 5)</code>	3
<code>width_bucket(operand anyelement, thresholds anyarray)</code>	<code>int</code>	возвращает номер группы, в которую попадёт <i>operand</i> (группы определяются нижними границами, передаваемыми в <i>thresholds</i>); возвращает 0, если	<code>width_bucket(now(), array['yesterday', 'today', 'tomorrow']::timestampz[])</code>	2

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		операнд оказы- вается левее нижней границы; массив <i>thresholds</i> дол- жен быть отсор- тирован по воз- растанию, иначе будут получены неожиданные ре- зультаты		

В Таблице 9.6 перечислены все функции для генерации случайных чисел.

Таблица 9.6. Случайные функции

Функция	Тип результата	Описание
<code>random()</code>	<code>dp</code>	случайное число в диапазоне $0.0 \leq x < 1.0$
<code>setseed(dp)</code>	<code>void</code>	задаёт отправную точку для по- следующих вызовов <code>random()</code> (значение между -1.0 и 1.0, включая границы)

Характеристики значений, возвращаемых функцией `random()` зависят от системы. Для примене-
ния в криптографии они непригодны; альтернативы описаны в `rngcrypto`.

Наконец, в Таблице 9.7 перечислены все имеющиеся тригонометрические функции. Все эти функ-
ции принимают аргументы и возвращают значения типа `double precision`. У каждой функции
имеются две вариации — одна измеряет углы в радианах, а вторая в градусах.

Таблица 9.7. Тригонометрические функции

Функции (в радианах)	Функции (в градусах)	Описание
<code>acos(x)</code>	<code>acosd(x)</code>	арккосинус
<code>asin(x)</code>	<code>asind(x)</code>	арксинус
<code>atan(x)</code>	<code>atand(x)</code>	арктангенс
<code>atan2(y, x)</code>	<code>atan2d(y, x)</code>	арктангенс y/x
<code>cos(x)</code>	<code>cosd(x)</code>	косинус
<code>cot(x)</code>	<code>cotd(x)</code>	котангенс
<code>sin(x)</code>	<code>sind(x)</code>	синус
<code>tan(x)</code>	<code>tand(x)</code>	тангенс

Примечание

Также можно работать с углами в градусах, применяя вышеупомянутые функции пре-
образования единиц `radians()` и `degrees()`. Однако предпочтительнее использовать
тригонометрические функции с градусами, так как это позволяет избежать ошибок
округления в особых случаях, например, при вычислении `sind(30)`.

9.4. Строковые функции и операторы

В этом разделе описаны функции и операторы для работы с текстовыми строками. Под строками
в данном контексте подразумеваются значения типов `character`, `character varying` и `text`. Если
не отмечено обратное, все нижеперечисленные функции работают со всеми этими типами, хотя с

типом `character` следует учитывать возможные эффекты автоматического дополнения строк пробелами. Некоторые из этих функций также поддерживают битовые строки.

В SQL определены несколько строковых функций, в которых аргументы разделяются не запятыми, а ключевыми словами. Они перечислены в Таблице 9.8. PostgreSQL также предоставляет варианты этих функций с синтаксисом, обычным для функций (см. Таблицу 9.9).

Примечание

До версии 8.3 в PostgreSQL эти функции также прозрачно принимали значения некоторых не строковых типов, неявно приводя эти значения к типу `text`. Сейчас такие приведения исключены, так как они часто приводили к неожиданным результатам. Однако оператор конкатенации строк (`||`) по-прежнему принимает не только строковые данные, если хотя бы один аргумент имеет строковый тип, как показано в Таблице 9.8. Во всех остальных случаях для повторения предыдущего поведения потребуется добавить явное преобразование в `text`.

Таблица 9.8. Строковые функции и операторы языка SQL

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>string string</code>	<code>text</code>	Конкатенация строк	<code>'Post' 'greSQL'</code>	PostgreSQL
<code>string не string</code> или <code>не string string</code>	<code>text</code>	Конкатенация строк с одним не строковым операндом	<code>'Value: ' 42</code>	Value: 42
<code>bit_length(string)</code>	<code>int</code>	Число бит в строке	<code>bit_length('jose')</code>	32
<code>char_length(string)</code> или <code>character_length(string)</code>	<code>int</code>	Число символов в строке	<code>char_length('jose')</code>	4
<code>lower(string)</code>	<code>text</code>	Переводит символы строки в нижний регистр	<code>lower('TOM')</code>	tom
<code>octet_length(string)</code>	<code>int</code>	Число байт в строке	<code>octet_length('jose')</code>	4
<code>overlay(string placing string from int [for int])</code>	<code>text</code>	Заменяет подстроку	<code>overlay('Txxxxas' placing 'hom' from 2 for 4)</code>	Thomas
<code>position(substring in string)</code>	<code>int</code>	Положение указанной подстроки	<code>position('om' in 'Thomas')</code>	3
<code>substring(string [from int] [for int])</code>	<code>text</code>	Извлекает подстроку	<code>substring('Thomas' from 2 for 3)</code>	hom
<code>substring(string from шаблон)</code>	<code>text</code>	Извлекает подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле POSIX. Подробно шабло-	<code>substring('Thomas' from '...\$')</code>	mas

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ны описаны в Разделе 9.7.		
<code>substring(string from шаб- лон for спецсим- вол)</code>	text	Извлекает подстроку, соответствующую регулярному выражению в стиле SQL. Подробно шаблоны описаны в Разделе 9.7.	<code>substring('Thomas' from '%#"o_a#"_' for '#')</code>	oma
<code>trim([leading trailing both] [characters] from string)</code>	text	Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы <i>characters</i> (по умолчанию пробелы), с начала (<i>leading</i>), с конца (<i>trailing</i>) или с обеих сторон (<i>both</i> , (по умолчанию)) строки <i>string</i>	<code>trim(both 'xyz' from 'yxTomxx')</code>	Tom
<code>trim([leading trailing both] [from] string [, characters])</code>	text	Нестандартный синтаксис <code>trim()</code>	<code>trim(both from 'yxTomxx', 'xyz')</code>	Tom
<code>upper(string)</code>	text	Переводит символы строки в верхний регистр	<code>upper('tom')</code>	TOM

Кроме этого, в PostgreSQL есть и другие функции для работы со строками, перечисленные в Таблице 9.9. Некоторые из них используются в качестве внутренней реализации стандартных строковых функций SQL, приведённых в Таблице 9.8.

Таблица 9.9. Другие строковые функции

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>ascii(string)</code>	int	Возвращает ASCII-код первого символа аргумента. Для UTF8 возвращает код символа в Unicode. Для других многобайтных кодировок аргумент должен быть ASCII-символом.	<code>ascii('x')</code>	120
<code>btrim(string text [, characters text])</code>	text	Удаляет наибольшую подстроку, состоящую только из символов <i>characters</i> (по умолчанию про-	<code>btrim('yxtrimyyx', 'xyz')</code>	trim

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		белов), с начала и с конца строки <i>string</i>		
<code>chr(int)</code>	text	Возвращает символ с данным кодом. Для UTF8 аргумент воспринимается как код символа Unicode, а для других кодировок он должен указывать на ASCII-символ. Код 0 (NULL) не допускается, так как байты с нулевым кодом в текстовых строках сохранить нельзя.	<code>chr(65)</code>	A
<code>concat(str "any" [, str "any" [, ...]])</code>	text	Соединяет текстовые представления всех аргументов, игнорируя NULL.	<code>concat('abcde', 2, NULL, 22)</code>	abcde222
<code>concat_ws(sep text, str "any" [, str "any" [, ...]])</code>	text	Соединяет все аргументы, кроме первого, через разделитель, игнорируя аргументы NULL. Разделитель указывается в первом аргументе.	<code>concat_ws(',', 'abcde', 2, NULL, 22)</code>	abcde,2,22
<code>convert(string bytea, src_encoding name, dest_encoding name)</code>	bytea	Преобразует строку <i>string</i> из кодировки <i>src_encoding</i> в <i>dest_encoding</i> . Переданная строка должна быть допустимой для исходной кодировки. Преобразования могут быть определены с помощью CREATE CONVERSION. Все встроенные преобразования перечислены в Таблице 9.10.	<code>convert('text_in_utf8', 'UTF8', 'LATIN1')</code>	строка <i>text_in_utf8</i> , представленная в кодировке Latin-1 (ISO 8859-1)
<code>convert_from(string bytea, src_encoding name)</code>	text	Преобразует строку <i>string</i> из кодировки <i>src_encoding</i> в коди-	<code>convert_from('text_in_utf8', 'UTF8')</code>	строка <i>text_in_utf8</i> , представленная в кодиров-

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ровку базы данных. Переданная строка должна быть допустимой для исходной кодировки.		ке текущей базы данных
<code>convert_to(string text, dest_encoding name)</code>	bytea	Преобразует строку в кодировку <code>dest_encoding</code> .	<code>convert_to('некоторый текст', 'UTF8')</code>	некоторый текст, представленный в кодировке UTF8
<code>decode(string text, format text)</code>	bytea	Получает двоичные данные из текстового представления в <code>string</code> . Значения параметра <code>format</code> те же, что и для функции <code>encode</code> .	<code>decode('MTIzAAE=',' base64')</code>	<code>\x3132330001</code>
<code>encode(data bytea, format text)</code>	text	Переводит двоичные данные в текстовое представление в одном из форматов: <code>base64</code> , <code>hex</code> , <code>escape</code> . Формат <code>escape</code> преобразует нулевые байты и байты с 1 в старшем бите в восьмеричные последовательности <code>\nnn</code> и дублирует обратную косую черту.	<code>encode('123\000\001', 'base64')</code>	<code>MTIzAAE=</code>
<code>format(formatstr text [, formatarg "any" [, ...]])</code>	text	Форматирует аргумент в соответствии со строкой формата. Эта функция работает подобно <code>sprintf</code> в языке C. См. Подраздел 9.4.1.	<code>format('Hello %s, %1\$s', 'World')</code>	Hello World, World
<code>initcap(string)</code>	text	Переводит первую букву каждого слова в строке в верхний регистр, а остальные — в нижний. Словами считаются последовательности алфавитно-цифровых символов, разделённые любыми другими символами.	<code>initcap('hi THOMAS')</code>	Hi Thomas

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>left(str text, n int)</code>	text	Возвращает первые <i>n</i> символов в строке. Когда <i>n</i> меньше нуля, возвращаются все символы слева, кроме последних $ n $.	<code>left('abcde', 2)</code>	ab
<code>length(string)</code>	int	Число символов в строке <i>string</i>	<code>length('jose')</code>	4
<code>length(string bytea, encoding name)</code>	int	Число символов, которые содержит строка <i>string</i> в заданной кодировке <i>encoding</i> . Переданная строка должна быть допустимой в этой кодировке.	<code>length('jose', 'UTF8')</code>	4
<code>lpad(string text, length int [, fill text])</code>	text	Дополняет строку <i>string</i> слева до длины <i>length</i> символами <i>fill</i> (по умолчанию пробелами). Если длина строки уже больше заданной, она обрезается справа.	<code>lpad('hi', 5, 'xy')</code>	xyxhi
<code>ltrim(string text [, characters text])</code>	text	Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы <i>characters</i> (по умолчанию пробелы), с начала строки <i>string</i>	<code>ltrim('zzytest', 'xyz')</code>	test
<code>md5(string)</code>	text	Вычисляет MD5-хеш строки <i>string</i> и возвращает результат в 16-ричном виде	<code>md5('abc')</code>	90015098 3cd24fb0 d6963f7d 28e17f72
<code>parse_ident(qualified_identifier text [, strictmode boolean DEFAULT true])</code>	text[]	Раскладывает полный идентификатор, задаваемый параметром <i>qualified_identifier</i> , на массив идентификаторов, удаляя кавычки, обрамляющие отдельные идентифика-	<code>parse_ident('"SomeSchema".someTable')</code>	{SomeSchema, someTable}

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		торы. По умолчанию лишние символы после последнего идентификатора вызывают ошибку, но если отключить строгий режим (передать во втором параметре <code>false</code>), такие символы игнорируются. (Это поведение полезно для разбора имён таких объектов, как функции.) Заметьте, что эта функция не усекает чрезмерно длинные идентификаторы. Если вы хотите получить усечённые имена, можно привести результат к <code>name[]</code> .		
<code>pg_client_encoding()</code>	<code>name</code>	Возвращает имя текущей клиентской кодировки	<code>pg_client_encoding()</code>	<code>SQL_ASCII</code>
<code>quote_ident(string text)</code>	<code>text</code>	Переданная строка оформляется для использования в качестве идентификатора в SQL-операторе. При необходимости идентификатор заключается в кавычки (например, если он содержит символы, недопустимые в открытом виде, или буквы в разном регистре). Если переданная строка содержит кавычки, они дублируются. См. также Пример 43.1.	<code>quote_ident('Foo bar')</code>	<code>"Foo bar"</code>
<code>quote_literal(string text)</code>	<code>text</code>	Переданная строка оформляется для использова-	<code>quote_literal(E'O\Reilly')</code>	<code>'O'Reilly'</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ния в качестве текстовой строки в SQL-операторе. Включённые символы апостроф и обратная косая черта при этом дублируются. Обратите внимание, что <code>quote_literal</code> возвращает <code>NULL</code> , когда на вход ей передаётся строка <code>NULL</code> ; если же нужно получить представление и такого аргумента, лучше использовать <code>quote_nullable</code> . См. также Пример 43.1.		
<code>quote_literal(value anyelement)</code>	text	Переводит данное значение в текстовый вид и заключает в апострофы как текстовую строку. Символы апостроф и обратная косая черта при этом дублируются.	<code>quote_literal(42.5)</code>	'42.5'
<code>quote_nullable(string text)</code>	text	Переданная строка оформляется для использования в качестве текстовой строки в SQL-операторе; при этом для аргумента <code>NULL</code> возвращается строка <code>NULL</code> . Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом. См. также Пример 43.1.	<code>quote_nullable(NULL)</code>	NULL
<code>quote_nullable(value anyelement)</code>	text	Переводит данное значение в текстовый вид и заключает в апострофы как текстовую строку, при этом для аргумента <code>NULL</code> возвраща-	<code>quote_nullable(42.5)</code>	'42.5'

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ется строка <code>NULL</code> . Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом.		
<code>regex_match(string text, pattern text [, flags text])</code>	<code>text[]</code>	Возвращает подходящие подстроки, полученные из первого вхождения регулярного выражения POSIX в строке <code>string</code> . Подробности описаны в Подразделе 9.7.3.	<code>regex_match('foobar bequebaz', '(bar) (beque)')</code>	<code>{bar, beque}</code>
<code>regex_matches(string text, pattern text [, flags text])</code>	<code>setof text[]</code>	Возвращает подходящие подстроки, полученные в результате применения регулярного выражения POSIX к <code>string</code> . Подробности описаны в Подразделе 9.7.3.	<code>regex_matches('foobar bequebaz', 'ba.', 'g')</code>	<code>{bar}</code> <code>{baz}</code> (2 строки)
<code>regex_replace(string text, pattern text, replacement text [, flags text])</code>	<code>text</code>	Заменяет подстроки, соответствующие заданному регулярному выражению в стиле POSIX. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3.	<code>regex_replace('Thomas', '[mN]a.', 'M')</code>	<code>ThM</code>
<code>regex_split_ to_array(string text, pattern text [, flags text])</code>	<code>text[]</code>	Разделяет содержимое <code>string</code> на элементы, используя в качестве разделителя регулярное выражение POSIX. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3.	<code>regex_split_ to_array('hello world', '\s+')</code>	<code>{hello, world}</code>
<code>regex_split_ to_table(string text, pattern text [, flags text])</code>	<code>setof text</code>	Разделяет содержимое <code>string</code> на элементы, используя в качестве разделителя регулярное выражение POSIX. Подробности описаны в Подразделе 9.7.3.	<code>regex_split_ to_table('hello world', '\s+')</code>	<code>hello</code> <code>world</code> (2 строки)
<code>repeat(string text, number int)</code>	<code>text</code>	Повторяет содержимое <code>string</code> указанное	<code>repeat('Pg', 4)</code>	<code>PgPgPgPg</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		занное число (<i>number</i>) раз		
<code>replace(string text, from text, to text)</code>	text	Заменяет все вхождения в <i>string</i> подстроки <i>from</i> подстрокой <i>to</i>	<code>replace('abcdefabcdef', 'cd', 'XX')</code>	abXXefabXXef
<code>reverse(str)</code>	text	Возвращает перевернутую строку	<code>reverse('abcde')</code>	edcba
<code>right(str text, n int)</code>	text	Возвращает последние <i>n</i> символов в строке. Когда <i>n</i> меньше нуля, возвращаются все символы справа, кроме первых <i> n </i> .	<code>right('abcde', 2)</code>	de
<code>rpadd(string text, length int [, fill text])</code>	text	Дополняет строку <i>string</i> справа до длины <i>length</i> символами <i>fill</i> (по умолчанию пробелами). Если длина строки уже больше заданной, она обрезается.	<code>rpadd('hi', 5, 'xy')</code>	hixyx
<code>rtrim(string text [, characters text])</code>	text	Удаляет наибольшую подстроку, содержащую только символы <i>characters</i> (по умолчанию пробелы), с конца строки <i>string</i>	<code>rtrim('testxxxz', 'xyz')</code>	test
<code>split_part(string text, delimiter text, field int)</code>	text	Разделяет строку <i>string</i> по символу <i>delimiter</i> и возвращает элемент по заданному номеру (считая с 1)	<code>split_part('abc~@~def ~@~ghi', '~@~', 2)</code>	def
<code>strpos(string, substring)</code>	int	Возвращает положение указанной подстроки (подобно <code>position(substring in string)</code>), но с другим порядком аргументов)	<code>strpos('high', 'ig')</code>	2
<code>substr(string, from [, count])</code>	text	Извлекает подстроку (подобно <code>substring(</code>	<code>substr('alphabet', 3, 2)</code>	ph

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		<i>string</i> from <i>from</i> for <i>count</i>))		
<code>starts_with(<i>string</i>, <i>prefix</i>)</code>	bool	Возвращает true, если строка <i>string</i> начинается с подстроки <i>prefix</i> .	<code>starts_with('alphabet', 'alph')</code>	t
<code>to_ascii(<i>string</i> <i>text</i> [, <i>encoding</i> <i>text</i>])</code>	text	Преобразует <i>string</i> в ASCII из кодировки <i>encoding</i> (поддерживаются только LATIN1, LATIN2, LATIN9 и WIN1250)	<code>to_ascii('Karel')</code>	Karel
<code>to_hex(<i>number</i> int или bigint)</code>	text	Преобразует число <i>number</i> в 16-ричный вид	<code>to_hex(2147483647)</code>	7fffffff
<code>translate(<i>string</i> <i>text</i>, <i>from</i> <i>text</i>, <i>to</i> <i>text</i>)</code>	text	Заменяет символы в <i>string</i> , найденные в наборе <i>from</i> , на соответствующие символы в множестве <i>to</i> . Если строка <i>from</i> длиннее <i>to</i> , найденные в исходной строке лишние символы <i>from</i> удаляются.	<code>translate('12345', '143', 'ax')</code>	a2x5

Функции `concat`, `concat_ws` и `format` принимают переменное число аргументов, так что им для объединения или форматирования можно передавать значения в виде массива, помеченного ключевым словом `VARIADIC` (см. Подраздел 38.5.5). Элементы такого массива обрабатываются, как если бы они были обычными аргументами функции. Если вместо массива в соответствующем аргументе передаётся `NULL`, функции `concat` и `concat_ws` возвращают `NULL`, а `format` воспринимает `NULL` как массив нулевого размера.

См. также агрегатную функцию `string_agg` в Разделе 9.20.

Таблица 9.10. Встроенные преобразования

Имя преобразования ^a	Исходная кодировка	Целевая кодировка
<code>ascii_to_mic</code>	SQL_ASCII	MULE_INTERNAL
<code>ascii_to_utf8</code>	SQL_ASCII	UTF8
<code>big5_to_euc_tw</code>	BIG5	EUC_TW
<code>big5_to_mic</code>	BIG5	MULE_INTERNAL
<code>big5_to_utf8</code>	BIG5	UTF8
<code>euc_cn_to_mic</code>	EUC_CN	MULE_INTERNAL
<code>euc_cn_to_utf8</code>	EUC_CN	UTF8
<code>euc_jp_to_mic</code>	EUC_JP	MULE_INTERNAL
<code>euc_jp_to_sjis</code>	EUC_JP	SJIS

Имя преобразования ^a	Исходная кодировка	Целевая кодировка
euc_jp_to_utf8	EUC_JP	UTF8
euc_kr_to_mic	EUC_KR	MULE_INTERNAL
euc_kr_to_utf8	EUC_KR	UTF8
euc_tw_to_big5	EUC_TW	BIG5
euc_tw_to_mic	EUC_TW	MULE_INTERNAL
euc_tw_to_utf8	EUC_TW	UTF8
gb18030_to_utf8	GB18030	UTF8
gbk_to_utf8	GBK	UTF8
iso_8859_10_to_utf8	LATIN6	UTF8
iso_8859_13_to_utf8	LATIN7	UTF8
iso_8859_14_to_utf8	LATIN8	UTF8
iso_8859_15_to_utf8	LATIN9	UTF8
iso_8859_16_to_utf8	LATIN10	UTF8
iso_8859_1_to_mic	LATIN1	MULE_INTERNAL
iso_8859_1_to_utf8	LATIN1	UTF8
iso_8859_2_to_mic	LATIN2	MULE_INTERNAL
iso_8859_2_to_utf8	LATIN2	UTF8
iso_8859_2_to_windows_1250	LATIN2	WIN1250
iso_8859_3_to_mic	LATIN3	MULE_INTERNAL
iso_8859_3_to_utf8	LATIN3	UTF8
iso_8859_4_to_mic	LATIN4	MULE_INTERNAL
iso_8859_4_to_utf8	LATIN4	UTF8
iso_8859_5_to_koi8_r	ISO_8859_5	KOI8R
iso_8859_5_to_mic	ISO_8859_5	MULE_INTERNAL
iso_8859_5_to_utf8	ISO_8859_5	UTF8
iso_8859_5_to_windows_1251	ISO_8859_5	WIN1251
iso_8859_5_to_windows_866	ISO_8859_5	WIN866
iso_8859_6_to_utf8	ISO_8859_6	UTF8
iso_8859_7_to_utf8	ISO_8859_7	UTF8
iso_8859_8_to_utf8	ISO_8859_8	UTF8
iso_8859_9_to_utf8	LATIN5	UTF8
johab_to_utf8	JOHAB	UTF8
koi8_r_to_iso_8859_5	KOI8R	ISO_8859_5
koi8_r_to_mic	KOI8R	MULE_INTERNAL
koi8_r_to_utf8	KOI8R	UTF8
koi8_r_to_windows_1251	KOI8R	WIN1251
koi8_r_to_windows_866	KOI8R	WIN866
koi8_u_to_utf8	KOI8U	UTF8

Имя преобразования ^a	Исходная кодировка	Целевая кодировка
mic_to_ascii	MULE_INTERNAL	SQL_ASCII
mic_to_big5	MULE_INTERNAL	BIG5
mic_to_euc_cn	MULE_INTERNAL	EUC_CN
mic_to_euc_jp	MULE_INTERNAL	EUC_JP
mic_to_euc_kr	MULE_INTERNAL	EUC_KR
mic_to_euc_tw	MULE_INTERNAL	EUC_TW
mic_to_iso_8859_1	MULE_INTERNAL	LATIN1
mic_to_iso_8859_2	MULE_INTERNAL	LATIN2
mic_to_iso_8859_3	MULE_INTERNAL	LATIN3
mic_to_iso_8859_4	MULE_INTERNAL	LATIN4
mic_to_iso_8859_5	MULE_INTERNAL	ISO_8859_5
mic_to_koi8_r	MULE_INTERNAL	KOI8R
mic_to_sjis	MULE_INTERNAL	SJIS
mic_to_windows_1250	MULE_INTERNAL	WIN1250
mic_to_windows_1251	MULE_INTERNAL	WIN1251
mic_to_windows_866	MULE_INTERNAL	WIN866
sjis_to_euc_jp	SJIS	EUC_JP
sjis_to_mic	SJIS	MULE_INTERNAL
sjis_to_utf8	SJIS	UTF8
tcvn_to_utf8	WIN1258	UTF8
uhc_to_utf8	UHC	UTF8
utf8_to_ascii	UTF8	SQL_ASCII
utf8_to_big5	UTF8	BIG5
utf8_to_euc_cn	UTF8	EUC_CN
utf8_to_euc_jp	UTF8	EUC_JP
utf8_to_euc_kr	UTF8	EUC_KR
utf8_to_euc_tw	UTF8	EUC_TW
utf8_to_gb18030	UTF8	GB18030
utf8_to_gbk	UTF8	GBK
utf8_to_iso_8859_1	UTF8	LATIN1
utf8_to_iso_8859_10	UTF8	LATIN6
utf8_to_iso_8859_13	UTF8	LATIN7
utf8_to_iso_8859_14	UTF8	LATIN8
utf8_to_iso_8859_15	UTF8	LATIN9
utf8_to_iso_8859_16	UTF8	LATIN10
utf8_to_iso_8859_2	UTF8	LATIN2
utf8_to_iso_8859_3	UTF8	LATIN3
utf8_to_iso_8859_4	UTF8	LATIN4
utf8_to_iso_8859_5	UTF8	ISO_8859_5
utf8_to_iso_8859_6	UTF8	ISO_8859_6

Имя преобразования ^a	Исходная кодировка	Целевая кодировка
utf8_to_iso_8859_7	UTF8	ISO_8859_7
utf8_to_iso_8859_8	UTF8	ISO_8859_8
utf8_to_iso_8859_9	UTF8	LATIN5
utf8_to_johab	UTF8	JOHAB
utf8_to_koi8_r	UTF8	KOI8R
utf8_to_koi8_u	UTF8	KOI8U
utf8_to_sjis	UTF8	SJIS
utf8_to_tcvn	UTF8	WIN1258
utf8_to_uhc	UTF8	UHC
utf8_to_windows_1250	UTF8	WIN1250
utf8_to_windows_1251	UTF8	WIN1251
utf8_to_windows_1252	UTF8	WIN1252
utf8_to_windows_1253	UTF8	WIN1253
utf8_to_windows_1254	UTF8	WIN1254
utf8_to_windows_1255	UTF8	WIN1255
utf8_to_windows_1256	UTF8	WIN1256
utf8_to_windows_1257	UTF8	WIN1257
utf8_to_windows_866	UTF8	WIN866
utf8_to_windows_874	UTF8	WIN874
windows_1250_to_iso_8859_2	WIN1250	LATIN2
windows_1250_to_mic	WIN1250	MULE_INTERNAL
windows_1250_to_utf8	WIN1250	UTF8
windows_1251_to_iso_8859_5	WIN1251	ISO_8859_5
windows_1251_to_koi8_r	WIN1251	KOI8R
windows_1251_to_mic	WIN1251	MULE_INTERNAL
windows_1251_to_utf8	WIN1251	UTF8
windows_1251_to_windows_866	WIN1251	WIN866
windows_1252_to_utf8	WIN1252	UTF8
windows_1256_to_utf8	WIN1256	UTF8
windows_866_to_iso_8859_5	WIN866	ISO_8859_5
windows_866_to_koi8_r	WIN866	KOI8R
windows_866_to_mic	WIN866	MULE_INTERNAL
windows_866_to_utf8	WIN866	UTF8
windows_866_to_windows_1251	WIN866	WIN
windows_874_to_utf8	WIN874	UTF8
euc_jis_2004_to_utf8	EUC_JIS_2004	UTF8

Имя преобразования ^a	Исходная кодировка	Целевая кодировка
utf8_to_euc_jis_2004	UTF8	EUC_JIS_2004
shift_jis_2004_to_utf8	SHIFT_JIS_2004	UTF8
utf8_to_shift_jis_2004	UTF8	SHIFT_JIS_2004
euc_jis_2004_to_shift_jis_2004	EUC_JIS_2004	SHIFT_JIS_2004
shift_jis_2004_to_euc_jis_2004	SHIFT_JIS_2004	EUC_JIS_2004

^aИмена преобразований следуют стандартной схеме именования. К официальному названию исходной кодировки, в котором все не алфавитно-цифровые символы заменяются подчёркиваниями, добавляется `_to_`, а за ним аналогично подготовленное имя целевой кодировки. Таким образом, имена кодировок могут не совпадать буквально с общепринятыми названиями.

9.4.1. format

Функция `format` выдаёт текст, отформатированный в соответствии со строкой формата, подобно функции `sprintf` в C.

```
format(formatstr text [, formatarg "any" [, ...] ])
```

formatstr — строка, определяющая, как будет форматироваться результат. Обычный текст в строке формата непосредственно копируется в результат, за исключением *спецификаторов формата*. Спецификаторы формата представляют собой местозаполнители, определяющие, как должны форматироваться и выводиться в результате аргументы функции. Каждый аргумент *formatarg* преобразуется в текст по правилам вывода своего типа данных, а затем форматировается и вставляется в результирующую строку согласно спецификаторам формата.

Спецификаторы формата предваряются символом `%` и имеют форму

```
%[позиция] [флаги] [ширина] тип
```

Здесь:

позиция (необязателен)

Строка вида *n*\$, где *n* — индекс выводимого аргумента. Индекс, равный 1, выбирает первый аргумент после *formatstr*. Если *позиция* опускается, по умолчанию используется следующий аргумент по порядку.

флаги (необязателен)

Дополнительные параметры, управляющие форматированием данного спецификатора. В настоящее время поддерживается только знак минус (`-`), который выравнивает результата спецификатора по левому краю. Он работает, только если также определена *ширина*.

ширина (необязателен)

Задаёт *минимальное* число символов, которое будет занимать результат данного спецификатора. Выводимое значение выравнивается по правой или левой стороне (в зависимости от флага `-`) с дополнением необходимым числом пробелов. Если ширина слишком мала, она просто игнорируется, т. е. результат не усекается. Ширину можно обозначить положительным целым, звёздочкой (*), тогда ширина будет получена из следующего аргумента функции, или строкой вида **n*\$, тогда ширина будет задаваться в *n*-ом аргументе функции.

Если ширина передаётся в аргументе функции, этот аргумент выбирается до аргумента, используемого для спецификатора. Если аргумент ширины отрицательный, результат выравнивается по левой стороне (как если бы был указан флаг `-`) в рамках поля длины `abs(ширина)`.

тип (обязателен)

Тип спецификатора определяет преобразование соответствующего выводимого значения. Поддерживаются следующие типы:

- `s` форматирует значение аргумента как простую строку. Значение NULL представляется пустой строкой.
- `I` обрабатывает значение аргумента как SQL-идентификатор, при необходимости заключая его в кавычки. Значение NULL для такого преобразования считается ошибочным (так же, как и для `quote_ident`).
- `L` заключает значение аргумента в апострофы, как строку SQL. Значение NULL выводится буквально, как NULL, без кавычек (так же, как и с `quote_nullable`).

В дополнение к спецификаторам, описанным выше, можно использовать спецпоследовательность `%%`, которая просто выведет символ `%`.

Несколько примеров простых преобразований формата:

```
SELECT format('Hello %s', 'World');
Результат: Hello World
```

```
SELECT format('Testing %s, %s, %s, %%', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing one, two, three, %
```

```
SELECT format('INSERT INTO %I VALUES(%L)', 'Foo bar', E'O\'Reilly');
Результат: INSERT INTO "Foo bar" VALUES('O\'Reilly')
```

```
SELECT format('INSERT INTO %I VALUES(%L)', 'locations', 'C:\Program Files');
Результат: INSERT INTO locations VALUES('C:\Program Files')
```

Следующие примеры иллюстрируют использование поля *ширина* и флага `-`:

```
SELECT format('|%10s|', 'foo');
Результат: |          foo|
```

```
SELECT format('|%-10s|', 'foo');
Результат: |foo           |
```

```
SELECT format('|%*s|', 10, 'foo');
Результат: |          foo|
```

```
SELECT format('|%*s|', -10, 'foo');
Результат: |foo           |
```

```
SELECT format('|%-*s|', 10, 'foo');
Результат: |foo           |
```

```
SELECT format('|%-*s|', -10, 'foo');
Результат: |foo           |
```

Эти примеры показывают применение полей *позиция*:

```
SELECT format('Testing %3$s, %2$s, %1$s', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing three, two, one
```

```
SELECT format('|%*2$s|', 'foo', 10, 'bar');
Результат: |          bar|
```

```
SELECT format('|%1$*2$s|', 'foo', 10, 'bar');
Результат: |          foo|
```

В отличие от стандартной функции C `sprintf`, функция `format` в PostgreSQL позволяет комбинировать в одной строке спецификаторы с полями *позиция* и без них. Спецификатор формата без поля

позиция всегда использует следующий аргумент после последнего выбранного. Кроме того, функция `format` не требует, чтобы в строке формата использовались все аргументы функции. Пример этого поведения:

```
SELECT format('Testing %3$s, %2$s, %s', 'one', 'two', 'three');
Результат: Testing three, two, three
```

Спецификаторы формата `%I` и `%L` особенно полезны для безопасного составления динамических операторов SQL. См. Пример 43.1.

9.5. Функции и операторы двоичных строк

В этом разделе описываются функции и операторы для работы с данными типа `bytea`.

В SQL определены несколько строковых функций, в которых аргументы разделяются не запятыми, а ключевыми словами. Подробнее это описано в Таблице 9.11. PostgreSQL также предоставляет варианты этих функций с синтаксисом, обычным для функций (см. Таблицу 9.12).

Примечание

В примерах, приведённых на этой странице, подразумевается, что параметр сервера `bytea_output` равен `escape` (выбран традиционный формат PostgreSQL).

Таблица 9.11. SQL-функции и операторы для работы с двоичными строками

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>string string</code>	<code>bytea</code>	Конкатенация строк	<code>'\\Post'::bytea '047gres\\000'::bytea</code>	<code>\\Post'gres\\000</code>
<code>octet_length(string)</code>	<code>int</code>	Число байт в двоичной строке	<code>octet_length('jo\\000se'::bytea)</code>	5
<code>overlay(string placing string from int [for int])</code>	<code>bytea</code>	Заменяет подстроку	<code>overlay('Th\\000omas'::bytea placing '\\002\\003'::bytea from 2 for 3)</code>	<code>T\\002\\003mas</code>
<code>position(substring in string)</code>	<code>int</code>	Положение указанной подстроки	<code>position('\\000om'::bytea in 'Th\\000omas'::bytea)</code>	3
<code>substring(string [from int] [for int])</code>	<code>bytea</code>	Извлекает подстроку	<code>substring('Th\\000omas'::bytea from 2 for 3)</code>	<code>h\\000o</code>
<code>trim([both] bytes from string)</code>	<code>bytea</code>	Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре <code>bytes</code> , с начала и с конца строки <code>string</code>	<code>trim('\\000\\001'::bytea from '\\000Tom\\001'::bytea)</code>	<code>Tom</code>

В PostgreSQL есть и другие функции для работы с двоичными строками, перечисленные в Таблице 9.12. Некоторые из них используются в качестве внутренней реализации стандартных функций SQL, приведённых в Таблице 9.11.

Таблица 9.12. Другие функции для работы с двоичными строками

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>btrim(string bytea, bytes bytea)</code>	bytea	Удаляет наибольшую строку, содержащую только байты, заданные в параметре <i>bytes</i> , с начала и с конца строки <i>string</i>	<code>btrim('\000trim \001'::bytea, '\000\001'::bytea)</code>	trim
<code>decode(string text, format text)</code>	bytea	Получает двоичные данные из текстового представления в <i>string</i> . Значения параметра <i>format</i> те же, что и для функции <code>encode</code> .	<code>decode('123\000456', 'escape')</code>	123\000456
<code>encode(data bytea, format text)</code>	text	Переводит двоичные данные в текстовое представление в одном из форматов: <code>base64</code> , <code>hex</code> , <code>escape</code> . Формат <code>escape</code> преобразует нулевые байты и байты с 1 в старшем бите в восьмеричные последовательности <code>\nnn</code> и дублирует обратную косую черту.	<code>encode('123\000456'::bytea, 'escape')</code>	123\000456
<code>get_bit(string, offset)</code>	int	Извлекает бит из строки	<code>get_bit('Th \000omas'::bytea, 45)</code>	1
<code>get_byte(string, offset)</code>	int	Извлекает байт из строки	<code>get_byte('Th \000omas'::bytea, 4)</code>	109
<code>length(string)</code>	int	Длина двоичной строки	<code>length('jo \000se'::bytea)</code>	5
<code>md5(string)</code>	text	Вычисляет MD5-хеш строки <i>string</i> и возвращает результат в 16-ричном виде	<code>md5('Th \000omas'::bytea)</code>	8ab2d3c9689aaf18 b4958c334c82d8b1

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>set_bit(string, offset, newvalue)</code>	bytea	Устанавливает значение бита в строке	<code>set_bit('Th \000omas'::bytea, 45, 0)</code>	Th\000omAs
<code>set_byte(string, offset, newvalue)</code>	bytea	Устанавливает значение байта в строке	<code>set_byte('Th \000omas'::bytea, 4, 64)</code>	Th\000o@as
<code>sha224(bytea)</code>	bytea	Хеш SHA-224	<code>sha224('abc')</code>	\x23097d223405d8228642 55b32aadbc4bda0b3f 7e36c9da7
<code>sha256(bytea)</code>	bytea	Хеш SHA-256	<code>sha256('abc')</code>	\xba7816bf8f01cfea4141 b00361a396177a9 cb410ff61f20015ad
<code>sha384(bytea)</code>	bytea	Хеш SHA-384	<code>sha384('abc')</code>	\xcb00753f45a35e8bb5a0 272c32ab0eded16 31a8b605a43ff5bed 8086072ba1e7cc2358baec
<code>sha512(bytea)</code>	bytea	Хеш SHA-512	<code>sha512('abc')</code>	\xddaf35a193617abacc41 12e6fa4e89a97ea 20a9eeee64b55d39a 2192992a274fc1a836ba3c 454d4423643ce80e2a9ac9

Для функций `get_byte` и `set_byte` байты нумеруются с 0. Функции `get_bit` и `set_bit` нумеруют биты справа налево; например, бит 0 будет меньшим значащим битом первого байта, а бит 15 — большим значащим битом второго байта.

Заметьте, что по историческим причинам функция `md5` возвращает значение в шестнадцатеричном виде в типе `text`, тогда как функции SHA-2 возвращают тип `bytea`. Используйте функции `encode` и `decode` для преобразования значений из одного представления в другое. Например, вызвав `encode(sha256('abc'), 'hex')`, вы получите значение в шестнадцатеричном виде в строке.

См. также агрегатную функцию `string_agg` в Разделе 9.20 и функции для работы с большими объектами в Разделе 35.4.

9.6. Функции и операторы для работы с битовыми строками

В этом разделе описываются функции и операторы, предназначенные для работы с битовыми строками, то есть с данными типов `bit` и `bit varying`. Помимо обычных операторов сравнения, с такими данными можно использовать операторы, перечисленные в Таблице 9.13. Заметьте, что операторы `&`, `|` и `#` работают только с двоичными строками одинаковой длины. Операторы побитового сдвига сохраняют длины исходных строк, как показано в примерах.

Таблица 9.13. Операторы для работы с битовыми строками

Оператор	Описание	Пример	Результат
<code> </code>	конкатенация	<code>B'10001' B'011'</code>	10001011
<code>&</code>	битовый AND	<code>B'10001' & B'01101'</code>	00001
<code> </code>	битовый OR	<code>B'10001' B'01101'</code>	11101
<code>#</code>	битовый XOR	<code>B'10001' # B'01101'</code>	11100

Оператор	Описание	Пример	Результат
~	битовый NOT	~ B'10001'	01110
<<	битовый сдвиг влево	B'10001' << 3	01000
>>	битовый сдвиг вправо	B'10001' >> 2	00100

Следующие функции языка SQL работают как с символьными, так и с битовыми строками: `length`, `bit_length`, `octet_length`, `position`, `substring`, `overlay`.

С битовыми и двоичными строками работают функции `get_bit` и `set_bit`. При работе с битовыми строками эти функции нумеруют биты слева направо и самый левый бит считается нулевым.

Кроме того, целые значения можно преобразовать в тип `bit` и обратно. Например:

```
44::bit(10)          0000101100
44::bit(3)           100
cast(-44 as bit(12)) 111111010100
'1110'::bit(4)::integer 14
```

Заметьте, что приведение к типу «`bit`» без длины будет означать приведение к `bit(1)`, и в результате будет получен только один менее значащий бит числа.

Примечание

Приведение целого числа к типу `bit(n)` копирует правые `n` бит числа. Если же целое преобразуется в битовую строку большей длины, чем требуется для этого числа, она дополняется слева битами знака числа.

9.7. Поиск по шаблону

PostgreSQL предлагает три разных способа поиска текста по шаблону: традиционный оператор `LIKE` языка SQL, более современный `SIMILAR TO` (добавленный в SQL:1999) и регулярные выражения в стиле POSIX. Помимо простых операторов, отвечающих на вопрос «соответствует ли строка этому шаблону?», в PostgreSQL есть функции для извлечения или замены соответствующих подстрок и для разделения строки по заданному шаблону.

Подсказка

Если этих встроенных возможностей оказывается недостаточно, вы можете написать собственные функции на языке Perl или Tcl.

Внимание

Хотя чаще всего поиск по регулярному выражению бывает очень быстрым, регулярные выражения бывают и настолько сложными, что их обработка может занять приличное время и объём памяти. Поэтому опасайтесь шаблонов регулярных выражений, поступающих из недоверенных источников. Если у вас нет другого выхода, рекомендуется ввести тайм-аут для операторов.

Поиск с шаблонами `SIMILAR TO` несёт те же риски безопасности, так как конструкция `SIMILAR TO` предоставляет во многом те же возможности, что и регулярные выражения в стиле POSIX.

Поиск с `LIKE` гораздо проще, чем два другие варианта, поэтому его безопаснее использовать с недоверенными источниками шаблонов поиска.

9.7.1. LIKE

строка LIKE *шаблон* [ESCAPE *спеcсимвол*]
строка NOT LIKE *шаблон* [ESCAPE *спеcсимвол*]

Выражение LIKE возвращает true, если *строка* соответствует заданному *шаблону*. (Как можно было ожидать, выражение NOT LIKE возвращает false, когда LIKE возвращает true, и наоборот. Этому выражению равносильно выражение NOT (*строка* LIKE *шаблон*).)

Если *шаблон* не содержит знаков процента и подчёркиваний, тогда шаблон представляет в точности строку и LIKE работает как оператор сравнения. Подчёркивание (_) в *шаблоне* подменяет (вместо него подходит) любой символ; а знак процента (%) подменяет любую (в том числе и пустую) последовательность символов.

Несколько примеров:

```
'abc' LIKE 'abc'      true
'abc' LIKE 'a%'      true
'abc' LIKE '_b_'     true
'abc' LIKE 'c'       false
```

При проверке по шаблону LIKE всегда рассматривается вся строка. Поэтому, если нужно найти последовательность символов где-то в середине строки, шаблон должен начинаться и заканчиваться знаками процента.

Чтобы найти в строке буквальное вхождение знака процента или подчёркивания, перед соответствующим символом в *шаблоне* нужно добавить спецсимвол. По умолчанию в качестве спецсимвола выбрана обратная косая черта, но с помощью предложения ESCAPE можно выбрать и другой. Чтобы включить спецсимвол в шаблон поиска, продублируйте его.

Примечание

Если параметр standard_conforming_strings выключен, каждый символ обратной косой черты, записываемый в текстовой константе, нужно дублировать. Подробнее это описано в Подразделе 4.1.2.1.

Также можно отказаться от спецсимвола, написав ESCAPE ''. При этом механизм спецпоследовательностей фактически отключается и использовать знаки процента и подчёркивания буквально в шаблоне нельзя.

Вместо LIKE можно использовать ключевое слово ILIKE, чтобы поиск был регистр-независимым с учётом текущей языковой среды. Этот оператор не описан в стандарте SQL; это расширение PostgreSQL.

Кроме того, в PostgreSQL есть оператор ~~, равнозначный LIKE, и ~~*, соответствующий ILIKE. Есть также два оператора !~~ и !~~*, представляющие NOT LIKE и NOT ILIKE, соответственно. Все эти операторы можно отнести к особенностям PostgreSQL.

Также существует оператор проверки префикса ^@ и соответствующая функция starts_with, которые покрывают случаи, когда нужно выполнить поиск только по началу строки.

9.7.2. Регулярные выражения SIMILAR TO

строка SIMILAR TO *шаблон* [ESCAPE *спеcсимвол*]
строка NOT SIMILAR TO *шаблон* [ESCAPE *спеcсимвол*]

Оператор SIMILAR TO возвращает true или false в зависимости от того, соответствует ли данная строка шаблону или нет. Он работает подобно оператору LIKE, только его шаблоны соответствуют определению регулярных выражений в стандарте SQL. Регулярные выражения SQL представляют собой любопытный гибрид синтаксиса LIKE с синтаксисом обычных регулярных выражений.

Как и `LIKE`, условие `SIMILAR TO` истинно, только если шаблон соответствует всей строке; это отличается от условий с регулярными выражениями, в которых шаблон может соответствовать любой части строки. Также подобно `LIKE`, `SIMILAR TO` воспринимает символы `_` и `%` как знаки подстановки, подменяющие любой один символ или любую подстроку, соответственно (в регулярных выражениях POSIX им аналогичны символы `.` и `*`).

Помимо средств описания шаблонов, позаимствованных от `LIKE`, `SIMILAR TO` поддерживает следующие метасимволы, унаследованные от регулярных выражений POSIX:

- `|` означает выбор (одного из двух вариантов).
- `*` означает повторение предыдущего элемента 0 и более раз.
- `+` означает повторение предыдущего элемента 1 и более раз.
- `?` означает вхождение предыдущего элемента 0 или 1 раз.
- `{m}` означает повторение предыдущего элемента ровно m раз.
- `{m,}` означает повторение предыдущего элемента m или более раз.
- `{m,n}` означает повторение предыдущего элемента не менее чем m и не более чем n раз.
- Скобки `()` объединяют несколько элементов в одну логическую группу.
- Квадратные скобки `[...]` обозначают класс символов так же, как и в регулярных выражениях POSIX.

Обратите внимание, точка `.` не является метасимволом для оператора `SIMILAR TO`.

Как и с `LIKE`, обратная косая черта отменяет специальное значение любого из этих метасимволов, а предложение `ESCAPE` позволяет выбрать другой спецсимвол.

Несколько примеров:

```
'abc' SIMILAR TO 'abc'      true
'abc' SIMILAR TO 'a'        false
'abc' SIMILAR TO '%(b|d)%'  true
'abc' SIMILAR TO '(b|c)%'   false
```

Функция `substring` с тремя параметрами, `substring(строка from шаблон for спецсимвол)` извлекает подстроку, соответствующую шаблону регулярного выражения SQL. Как и с `SIMILAR TO`, указанному шаблону должна соответствовать вся строка, в противном случае функция не найдёт ничего и вернёт `NULL`. Для обозначения части шаблона, которая должна быть возвращена в случае успеха, шаблон должен содержать два спецсимвола и кавычки `"` после каждого. Эта функция возвращает часть шаблона между двумя такими маркерами.

Несколько примеров с маркерами `#`, выделяющими возвращаемую строку:

```
substring('foobar' from '%#"o_b#"%' for '#')    oob
substring('foobar' from '##"o_b#"%' for '#')    NULL
```

9.7.3. Регулярные выражения POSIX

В Таблице 9.14 перечислены все существующие операторы для проверки строк регулярными выражениями POSIX.

Таблица 9.14. Операторы регулярных выражений

Оператор	Описание	Пример
<code>~</code>	Проверяет соответствие регулярному выражению с учётом регистра	<code>'thomas' ~ '.*thomas.*'</code>
<code>~*</code>	Проверяет соответствие регулярному выражению без учёта регистра	<code>'thomas' ~* '.*Thomas.*'</code>

Оператор	Описание	Пример
! <i>~</i>	Проверяет несоответствие регулярному выражению с учётом регистра	'thomas' !~ '.*Thomas.*'
! <i>~*</i>	Проверяет несоответствие регулярному выражению без учёта регистра	'thomas' !~* '.*vadim.*'

Регулярные выражения POSIX предоставляют более мощные средства поиска по шаблонам, чем операторы LIKE и SIMILAR TO. Во многих командах Unix, таких как egrep, sed и awk используется язык шаблонов, похожий на описанный здесь.

Регулярное выражение — это последовательность символов, представляющая собой краткое определение набора строк (*регулярное множество*). Строка считается соответствующей регулярному выражению, если она является членом регулярного множества, описываемого регулярным выражением. Как и для LIKE, символы шаблона непосредственно соответствуют символам строки, за исключением специальных символов языка регулярных выражений. При этом спецсимволы регулярных выражений отличается от спецсимволов LIKE. В отличие от шаблонов LIKE, регулярное выражение может совпадать с любой частью строки, если только оно не привязано явно к началу и/или концу строки.

Несколько примеров:

```
'abc' ~ 'abc'      true
'abc' ~ '^a'       true
'abc' ~ '(b|d)'    true
'abc' ~ '^ (b|c)'  false
```

Более подробно язык шаблонов в стиле POSIX описан ниже.

Функция `substring` с двумя параметрами, `substring(строка from шаблон)`, извлекает подстроку, соответствующую шаблону регулярного выражения POSIX. Она возвращает фрагмент текста, подходящий шаблону, если таковой находится в строке, либо NULL в противном случае. Но если шаблон содержит скобки, она возвращает первое подвыражение, заключённое в скобки (то, которое начинается с самой первой открывающей скобки). Если вы хотите использовать скобки, но не в таком особом режиме, можно просто заключить в них всё выражение. Если же вам нужно включить скобки в шаблон до подвыражения, которое вы хотите извлечь, это можно сделать, используя группы без захвата, которые будут описаны ниже.

Несколько примеров:

```
substring('foobar' from 'o.b')    oob
substring('foobar' from 'o(.)b')  o
```

Функция `regexpr_replace` подставляет другой текст вместо подстрок, соответствующих шаблонам регулярных выражений POSIX. Она имеет синтаксис `regexpr_replace(исходная_строка, шаблон, замена [, флаги])`. Если *исходная_строка* не содержит фрагмента, подходящего под *шаблон*, она возвращается неизменной. Если же соответствие находится, возвращается *исходная_строка*, в которой вместо соответствующего фрагмента подставляется *замена*. Строка *замена* может содержать `\n`, где *n* — число от 1 до 9, указывающее на исходный фрагмент, соответствующий *n*-ому подвыражению в скобках, и может содержать обозначение `&`, указывающее, что будет вставлен фрагмент, соответствующий всему шаблону. Если же в текст замены нужно включить обратную косую черту буквально, следует написать `\\`. В необязательном параметре *флаги* передаётся текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Флаг *i* включает поиск без учёта регистра, а флаг *g* указывает, что заменяться должны все подходящие подстроки, а не только первая из них. Допустимые флаги (кроме *g*) описаны в Таблице 9.22.

Несколько примеров:

```

regexp_replace('foobarbaz', 'b..', 'X')
           fooXbaz
regexp_replace('foobarbaz', 'b..', 'X', 'g')
           fooXX
regexp_replace('foobarbaz', 'b(..)', 'X\1Y', 'g')
           fooXarYXazY

```

Функция `regexp_match` возвращает текстовый массив из всех подходящих подстроки, полученных из первого вхождения шаблона регулярного выражения POSIX в строке. Она имеет синтаксис `regexp_match(строка, шаблон [, флаги])`. Если вхождение не находится, результатом будет `NULL`. Если вхождение находится и шаблон не содержит подвыражений в скобках, результатом будет текстовый массив с одним элементом, содержащим подстроку, соответствующую всему шаблону. Если вхождение находится и шаблон содержит подвыражения в скобках, результатом будет текстовый массив, в котором n -ым элементом будет n -ое заключённое в скобки подвыражение шаблона (не считая «незахватывающих» скобок; подробнее см. ниже). В параметре *флаги* передаётся необязательная текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Допустимые флаги описаны в Таблице 9.22.

Некоторые примеры:

```

SELECT regexp_match('foobarbequebaz', 'bar.*que');
       regexp_match
-----
 {barbeque}
(1 row)

SELECT regexp_match('foobarbequebaz', '(bar) (beque)');
       regexp_match
-----
 {bar,beque}
(1 row)

```

В общем случае просто получить всю найденную подстроку или `NULL`, если нет соответствия, можно примерно так:

```

SELECT (regexp_match('foobarbequebaz', 'bar.*que'))[1];
       regexp_match
-----
 barbeque
(1 row)

```

Функция `regexp_matches` возвращает набор текстовых массивов со всеми подходящими подстроками, полученными в результате применения регулярного выражения POSIX к строке. Она имеет тот же синтаксис, что и `regexp_match`. Эта функция не возвращает никаких строк, если вхождений нет; возвращает одну строку, если найдено одно вхождение и не передан флаг `g`, или N строк, если найдено N вхождений и передан флаг `g`. Каждая возвращаемая строка представляет собой текстовый массив, содержащий всю найденную подстроку или подстроки, соответствующие заключённым в скобки подвыражениям шаблона, как и описанный выше результат `regexp_match`. Функция `regexp_matches` принимает все флаги, показанные в Таблице 9.22, а также флаг `g`, указывающий ей выдать все вхождения, а не только первое.

Несколько примеров:

```

SELECT regexp_matches('foo', 'not there');
       regexp_matches
-----
(0 rows)

SELECT regexp_matches('foobarbequebazilbarfbonk', '(b[^b]+) (b[^b]+)', 'g');
       regexp_matches
-----

```

```
-----
{bar,beque}
{bazil,barf}
(2 rows)
```

Подсказка

В большинстве случаев `regexp_matches()` должна применяться с флагом `g`, так как если вас интересует только первое вхождение, проще и эффективнее использовать функцию `regexp_match()`. Однако `regexp_match()` существует только в PostgreSQL версии 10 и выше. В старых версиях обычно помещали вызов `regexp_matches()` во вложенный `SELECT`, например, так:

```
SELECT col1, (SELECT regexp_matches(col2, '(bar)(beque)')) FROM tab;
```

В результате выдаётся текстовый массив, если вхождение найдено, или `NULL` в противном случае, так же как с `regexp_match()`. Без вложенного `SELECT` этот запрос не возвращает никакие строки, если соответствие не находится, а это обычно не то, что нужно.

Функция `regexp_split_to_table` разделяет строку, используя в качестве разделителя шаблон регулярного выражения POSIX. Она имеет синтаксис `regexp_split_to_table(строка, шаблон [, флаги])`. Если шаблон не находится в переданной строке, возвращается вся строка целиком. Если находится минимум одно вхождение, для каждого такого вхождения возвращается текст от конца предыдущего вхождения (или начала строки) до начала вхождения. После последнего найденного вхождения возвращается фрагмент от его конца до конца строки. В необязательном параметре флаги передаётся текстовая строка, содержащая ноль или более однобуквенных флагов, меняющих поведение функции. Флаги, которые поддерживает `regexp_split_to_table`, описаны в Таблице 9.22.

Функция `regexp_split_to_array` ведёт себя подобно `regexp_split_to_table`, за исключением того, что `regexp_split_to_array` возвращает результат в массиве элементов типа `text`. Она имеет синтаксис `regexp_split_to_array(строка, шаблон [, флаги])`. Параметры у этой функции те же, что и у `regexp_split_to_table`.

Несколько примеров:

```
SELECT foo FROM regexp_split_to_table('the quick brown fox jumps over the lazy dog',
'\s+') AS foo;
```

```
foo
-----
the
quick
brown
fox
jumps
over
the
lazy
dog
(9 rows)
```

```
SELECT regexp_split_to_array('the quick brown fox jumps over the lazy dog', '\s+');
           regexp_split_to_array
```

```
-----
{the,quick,brown,fox,jumps,over,the,lazy,dog}
(1 row)
```

```
SELECT foo FROM regexp_split_to_table('the quick brown fox', '\s*') AS foo;
foo
-----
t
h
e
q
u
i
c
k
b
r
o
w
n
f
o
x
(16 rows)
```

Как показывает последний пример, функции разделения по регулярным выражениям игнорируют вхождения нулевой длины, идущие в начале и в конце строки, а также непосредственно за предыдущим вхождением. Это поведение противоречит строгому определению поиска по регулярным выражениям, который реализуют функции `regexp_match` и `regexp_matches`, но обычно более удобно на практике. Подобное поведение наблюдается и в других программных средах, например в Perl.

9.7.3.1. Подробное описание регулярных выражений

Регулярные выражения в PostgreSQL реализованы с использованием программного пакета, который разработал Генри Спенсер (Henry Spencer). Практически всё следующее описание регулярных выражений дословно скопировано из его руководства.

Регулярное выражение (Regular expression, RE), согласно определению в POSIX 1003.2, может иметь две формы: *расширенное* RE или ERE (грубо говоря, это выражения, которые понимает `egrep`) и *простое* RE или BRE (грубо говоря, это выражения для `ed`). PostgreSQL поддерживает обе формы, а кроме того реализует некоторые расширения, не предусмотренные стандартом POSIX, но широко используемые вследствие их доступности в некоторых языках программирования, например в Perl и Tcl. Регулярные выражения, использующие эти несовместимые с POSIX расширения, здесь называются *усовершенствованными* RE или ARE. ARE практически представляют собой надмножество ERE, тогда как BRE отличаются некоторой несовместимостью в записи (помимо того, что они гораздо более ограничены). Сначала мы опишем формы ARE и ERE, отметив особенности, присущие только ARE, а затем расскажем, чем от них отличаются BRE.

Примечание

PostgreSQL изначально всегда предполагает, что регулярное выражение следует правилам ARE. Однако можно переключиться на более ограниченные правила ERE или BRE, добавив в шаблон RE *встроенный параметр*, как описано в Подразделе 9.7.3.4. Это может быть полезно для совместимости с приложениями, ожидающими от СУБД строгого следования правилам POSIX 1003.2.

Регулярное выражение определяется как одна или более *ветвей*, разделённых символами `|`. Оно считается соответствующим всему, что соответствует одной из этих ветвей.

Ветвь — это ноль или несколько *количественных атомов* или *ограничений*, соединённых вместе. Соответствие ветви в целом образуется из соответствия первой части, за которым следует соответствие второй части и т. д.; пустой ветви соответствует пустая строка.

Количественный атом — это *атом*, за которым может следовать *определитель количества*. Без этого определителя ему соответствует одно вхождение атома. С определителем количества ему может соответствовать некоторое число вхождений этого атома. Все возможные *атомы* перечислены в Таблице 9.15. Варианты определителей количества и их значения перечислены в Таблице 9.16.

Ограничению соответствует пустая строка, но это соответствие возможно только при выполнении определённых условий. Ограничения могут использоваться там же, где и атомы, за исключением того, что их нельзя дополнять определителями количества. Простые ограничения показаны в Таблице 9.17; некоторые дополнительные ограничения описаны ниже.

Таблица 9.15. Атомы регулярных выражений

Атом	Описание
(<i>re</i>)	(где <i>re</i> — любое регулярное выражение) описывает соответствие <i>re</i> , при этом данное соответствие захватывается для последующей обработки
(?: <i>re</i>)	подобно предыдущему, но соответствие не захватывается (т. е. это набор скобок «без захвата») (применимо только к ARE)
.	соответствует любому символу
[<i>СИМВОЛЫ</i>]	<i>выражение в квадратных скобках</i> , соответствует любому из <i>СИМВОЛОВ</i> (подробнее это описано в Подразделе 9.7.3.2)
\ <i>k</i>	(где <i>k</i> — не алфавитно-цифровой символ) соответствует обычному символу буквально, т. е. \\ соответствует обратной косой черте
\ <i>c</i>	где <i>c</i> — алфавитно-цифровой символ (за которым могут следовать другие символы), это <i>спецсимвол</i> , см. Подраздел 9.7.3.3 (применим только к ARE; в ERE и BRE этому атому соответствует <i>c</i>)
{	когда за этим символом следует любой символ, кроме цифры, этот атом соответствует левой фигурной скобке ({}), если же за ним следует цифра, это обозначает начало <i>границы</i> (см. ниже)
<i>x</i>	(где <i>x</i> — один символ, не имеющий специального значения) соответствует этому символу

Выражение RE не может заканчиваться обратной косой чертой (\).

Примечание

Если параметр `standard_conforming_strings` выключен, каждый символ обратной косой черты, записываемый в текстовой константе, нужно дублировать. Подробнее это описано в Подразделе 4.1.2.1.

Таблица 9.16. Определители количества в регулярных выражениях

Определитель	Соответствует
*	0 или более вхождений атома
+	1 или более вхождений атома
?	0 или 1 вхождение атома

Определитель	Соответствует
$\{m\}$	ровно m вхождений атома
$\{m, \}$	m или более вхождений атома
$\{m, n\}$	от m до n (включая границы) вхождений атома; m не может быть больше n
$*?$	не жадная версия $*$
$+?$	не жадная версия $+$
$??$	не жадная версия $?$
$\{m\}?$	не жадная версия $\{m\}$
$\{m, \}?$	не жадная версия $\{m, \}$
$\{m, n\}?$	не жадная версия $\{m, n\}$

В формах с $\{ \dots \}$ числа m и n определяют так называемые *границы* количества. Эти числа должны быть беззнаковыми десятичными целыми в диапазоне от 0 до 255 включительно.

Не жадные определители (допустимые только в ARE) описывают те же возможные соответствия, что и аналогичные им обычные («жадные»), но предпочитают выбирать наименьшее, а не наибольшее количество вхождений. Подробнее это описано в Подразделе 9.7.3.5.

Примечание

Определители количества не могут следовать один за другим, например запись $**$ будет ошибочной. Кроме того, определители не могут стоять в начале выражения или подвыражения и идти сразу после $^$ или $|$.

Таблица 9.17. Ограничения в регулярных выражениях

Ограничение	Описание
$^$	соответствует началу строки
$\$$	соответствует концу строки
$(?= re)$	<i>позитивный просмотр вперёд</i> находит соответствие там, где начинается подстрока, соответствующая re (только для ARE)
$(?! re)$	<i>негативный просмотр вперёд</i> находит соответствие там, где не начинается подстрока, соответствующая re (только для ARE)
$(?<= re)$	<i>позитивный просмотр назад</i> находит соответствие там, где заканчивается подстрока, соответствующая re (только для ARE)
$(?<! re)$	<i>негативный просмотр назад</i> находит соответствие там, где не заканчивается подстрока, соответствующая re (только для ARE)

Ограничения просмотра вперёд и назад не могут содержать *ссылки назад* (см. Подраздел 9.7.3.3), и все скобки в них считаются «скобками без захвата».

9.7.3.2. Выражения в квадратных скобках

Выражение в квадратных скобках содержит список символов, заключённый в $[]$. Обычно ему соответствует любой символ из списка (об исключении написано ниже). Если список начинается с $^$, ему соответствует любой символ, который *не* перечисляется далее в этом списке. Если два символа

в списке разделяются знаком `-`, это воспринимается как краткая запись полного интервала символов между двумя заданными (и включая их) в порядке сортировки; например выражению `[0-9]` в ASCII соответствует любая десятичная цифра. Два интервала не могут разделять одну границу, т. е. выражение `a-c-e` недопустимо. Интервалы зависят от порядка сортировки, который может меняться, поэтому в переносимых программах их лучше не использовать.

Чтобы включить в список `]`, этот символ нужно написать первым (сразу за `^`, если он присутствует). Чтобы включить в список символ `-`, его нужно написать первым или последним, либо как вторую границу интервала. Указать `-` в качестве первой границы интервал можно, заключив его между `[.` и `.]`, чтобы он стал элементом сортировки (см. ниже). За исключением этих символов, некоторых комбинаций с `[` (см. следующие абзацы) и спецсимволов (в ARE), все остальные специальные символы в квадратных скобках теряют своё особое значение. В частности, символ `\` по правилам ERE или BRE воспринимается как обычный, хотя в ARE он экранирует символ, следующий за ним.

Выражения в квадратных скобках могут содержать элемент сортировки (символ или последовательность символов или имя такой последовательности), определение которого заключается между `[.` и `.]`. Определяющая его последовательность воспринимается в выражении в скобках как один элемент. Это позволяет включать в такие выражения элементы, соответствующие последовательности нескольких символов. Например, с элементом сортировки `ch` в квадратных скобках регулярному выражению `[ [.ch. ] ] * c` будут соответствовать первые пять символов строки `chchcc`.

Примечание

В настоящее время PostgreSQL не поддерживает элементы сортировки, состоящие из нескольких символов. Эта информация относится к возможному в будущем поведению.

В квадратных скобках могут содержаться элементы сортировки, заключённые между `[ = и = ]`, обозначающие *классы эквивалентности*, т. е. последовательности символов из всех элементов сортировки, эквивалентных указанному, включая его самого. (Если для этого символа нет эквивалентных, он обрабатывается, как заключённый между `[.` и `.]`.) Например, если `e` и `ë` — члены одного класса эквивалентности, выражения `[ [=e= ] ]`, `[ [=ë= ] ]` и `[ eë ]` будут равнозначными. Класс эквивалентности нельзя указать в качестве границы интервала.

В квадратных скобках может также содержаться имя класса символов, заключённое между `[ :` и `:]`, и заменяющее список всех символов этого класса. Стандартные имена классов: `alnum`, `alpha`, `blank`, `cntrl`, `digit`, `graph`, `lower`, `print`, `punct`, `space`, `upper` и `xdigit`. Весь этот набор классов определён в `sture` и он может меняться в зависимости от локали (языковой среды). Класс символов также нельзя использовать в качестве границы интервала.

Есть два особых вида выражений в квадратных скобках: выражения `[[:<:]]` и `[[:>:]]`, представляющие собой ограничения, соответствующие пустым строкам в начале и конце слова. Слово в данном контексте определяется как последовательность словосоставляющих символов, перед или после которой нет словосоставляющих символов. Словосоставляющий символ — это символ класса `alnum` (определённого в `sture`) или подчёркивание. Это расширение совместимо со стандартом POSIX 1003.2, но не описано в нём, и поэтому его следует использовать с осторожностью там, где важна совместимость с другими системами. Обычно лучше использовать ограничивающие спецсимволы, описанные ниже; они также не совсем стандартны, но набрать их легче.

9.7.3.3. Спецсимволы регулярных выражений

Спецсимволы — это специальные команды, состоящие из `\` и последующего алфавитно-цифрового символа. Можно выделить следующие категории спецсимволов: обозначения символов, коды классов, ограничения и ссылки назад. Символ `\`, за которым идёт алфавитно-цифровой символ, не образующий допустимый спецсимвол, считается ошибочным в ARE. В ERE спецсимволов нет: вне квадратных скобок пара из `\` и последующего алфавитно-цифрового символа, воспринимается просто как данный символ, а в квадратных скобках и сам символ `\` воспринимается просто как обратная косая черта. (Последнее на самом деле нарушает совместимость между ERE и ARE.)

Спецобозначения символов введены для того, чтобы облегчить ввод в RE непечатаемых и других неудобных символов. Они приведены в Таблице 9.18.

Коды классов представляют собой краткий способ записи имён некоторых распространённых классов символов. Они перечислены в Таблице 9.19.

Спецсимволы ограничений обозначают ограничения, которым при совпадении определённых условий соответствует пустая строка. Они перечислены в Таблице 9.20.

Ссылка назад ($\backslash n$) соответствует той же строке, какой соответствовало предыдущее подвыражение в скобках под номером n (см. Таблицу 9.21). Например, $([bc])\backslash 1$ соответствует `bb` или `cc`, но не `bc` или `cb`. Это подвыражение должно полностью предшествовать ссылке назад в RE. Нумеруются подвыражения в порядке следования их открывающих скобок. При этом скобки без захвата исключаются из рассмотрения.

Таблица 9.18. Спецобозначения символов в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
$\backslash a$	символ звонка, как в C
$\backslash b$	символ «забой», как в C
$\backslash B$	синоним для обратной косой черты ($\backslash$), сокращающий потребность в дублировании этого символа
$\backslash cX$	(где X — любой символ) символ, младшие 5 бит которого те же, что и у X , а остальные равны 0
$\backslash e$	символ, определённый в последовательности сортировки с именем <code>ESC</code> , либо, если таковой не определён, символ с восьмеричным значением 033
$\backslash f$	подача формы, как в C
$\backslash n$	новая строка, как в C
$\backslash r$	возврат каретки, как в C
$\backslash t$	горизонтальная табуляция, как в C
$\backslash uwx yz$	(где $wxyz$ ровно четыре шестнадцатеричные цифры) символ с шестнадцатеричным кодом <code>0xwx yz</code>
$\backslash Ustuvwx yz$	(где $stuvwx yz$ ровно восемь шестнадцатеричных цифр) символ с шестнадцатеричным кодом <code>0xstuvwx yz</code>
$\backslash v$	вертикальная табуляция, как в C
$\backslash xhhh$	(где hhh — несколько шестнадцатеричных цифр) символ с шестнадцатеричным кодом <code>0xhhh</code> (символ всегда один вне зависимости от числа шестнадцатеричных цифр)
$\backslash 0$	символ с кодом 0 (нулевой байт)
$\backslash xy$	(где xy — ровно две восьмеричных цифры, не ссылка назад) символ с восьмеричным кодом <code>0xy</code>
$\backslash xyz$	(где xyz — ровно три восьмеричных цифры, не ссылка назад) символ с восьмеричным кодом <code>0xyz</code>

Шестнадцатеричные цифры записываются символами 0-9 и a-f или A-F. Восьмеричные цифры — цифры от 0 до 7.

Спецпоследовательности с числовыми кодами, задающими значения вне диапазона ASCII (0-127), воспринимаются по-разному в зависимости от кодировки базы данных. Когда база данных имеет кодировку UTF-8, спецкод равнозначен позиции символа в Unicode, например, `\u1234` обозначает символ U+1234. Для других многобайтных кодировок спецпоследовательности обычно просто задают серию байт, определяющих символ. Если в кодировке базы данных отсутствует символ, заданный спецпоследовательностью, ошибки не будет, но и никакие данные не будут ей соответствовать.

Символы, переданные спецобозначением, всегда воспринимаются как обычные символы. Например, `\135` кодирует `]` в ASCII, но спецпоследовательность `\135` не будет закрывать выражение в квадратных скобках.

Таблица 9.19. Спецкоды классов в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
<code>\d</code>	<code>[[:digit:]]</code>
<code>\s</code>	<code>[[:space:]]</code>
<code>\w</code>	<code>[[:alnum:]]_</code> (подчёркивание также включается)
<code>\D</code>	<code>^[[:digit:]]</code>
<code>\S</code>	<code>^[[:space:]]</code>
<code>\W</code>	<code>^[[:alnum:]]_</code> (подчёркивание также включается)

В выражениях в квадратных скобках спецсимволы `\d`, `\s` и `\w` теряют свои внешние квадратные скобки, а `\D`, `\S` и `\W` — недопустимы. (Так что, например запись `[a-c\d]` равнозначна `[a-c[:digit:]]`. А запись `[a-c\D]`, которая была бы равнозначна `[a-c^[:digit:]]`, — недопустима.)

Таблица 9.20. Спецсимволы ограничений в регулярных выражений

Спецсимвол	Описание
<code>\A</code>	соответствует только началу строки (чем это отличается от <code>^</code> , описано в Подразделе 9.7.3.5)
<code>\b</code>	соответствует только началу слова
<code>\B</code>	соответствует только концу слова
<code>\b</code>	соответствует только началу или концу слова
<code>\Y</code>	соответствует только положению не в начале и не в конце слова
<code>\Z</code>	соответствует только концу строки (чем это отличается от <code>\$</code> , описано в Подразделе 9.7.3.5)

Определением слова здесь служит то же, что было приведено выше в описании `[[:<:]]` и `[[:>:]]`. В квадратных скобках спецсимволы ограничений не допускаются.

Таблица 9.21. Ссылки назад в регулярных выражениях

Спецсимвол	Описание
<code>\m</code>	(где <i>m</i> — цифра, отличная от 0) — ссылка назад на подвыражение под номером <i>m</i>
<code>\mnn</code>	(где <i>m</i> — цифра, отличная от 0, а <i>nn</i> — ещё несколько цифр с десятичным значением <i>mnn</i> , не превышающим число закрытых до этого скобок с захватом) ссылка назад на подвыражение под номером <i>mnn</i>

Примечание

Регулярным выражениям присуща неоднозначность между восьмеричными кодами символов и ссылками назад, которая разрешается следующим образом (это упоминалось выше). Ведущий ноль всегда считается признаком восьмеричной последовательности. Единственная цифра, отличная от 0, за которой не следует ещё одна цифра, всегда воспринимается как ссылка назад. Последовательность из нескольких цифр, которая начинается не с 0, воспринимается как ссылка назад, если она идёт за подходящим подвыражением (т. е. число оказывается в диапазоне, допустимом для ссылки назад), в противном случае она воспринимается как восьмеричное число.

9.7.3.4. Метасинтаксис регулярных выражений

В дополнение к основному синтаксису, описанному выше, можно использовать также несколько особых форм и разнообразные синтаксические удобства.

Регулярное выражение может начинаться с одного из двух специальных префиксов режима. Если RE начинается с `***`, его продолжение рассматривается как ARE. (В PostgreSQL это обычно не имеет значения, так как регулярные выражения воспринимаются как ARE по умолчанию; но это может быть полезно, когда параметр *флаги* функций `regex` включает режим ERE или BRE.) Если RE начинается с `***=`, его продолжение воспринимается как обычная текстовая строка, все его символы воспринимаются буквально.

ARE может начинаться со *встроенных параметров*: последовательности `(?xyz)` (где *xyz* — один или несколько алфавитно-цифровых символов), определяющих параметры остального регулярного выражения. Эти параметры переопределяют любые ранее определённые параметры, в частности они могут переопределить режим чувствительности к регистру, подразумеваемый для оператора `regex`, или параметр *флаги* функции `regex`. Допустимые буквы параметров показаны в Таблице 9.22. Заметьте, что те же буквы используются в параметре *флаги* функций `regex`.

Таблица 9.22. Буквы встроенных параметров ARE

Параметр	Описание
b	продолжение регулярного выражения — BRE
c	поиск соответствий с учётом регистра (переопределяет тип оператора)
e	продолжение RE — ERE
i	поиск соответствий без учёта регистра (см. Подраздел 9.7.3.5) (переопределяет тип оператора)
m	исторически сложившийся синоним n
n	поиск соответствий с учётом перевода строк (см. Подраздел 9.7.3.5)
p	переводы строк учитываются частично (см. Подраздел 9.7.3.5)
q	продолжение регулярного выражения — обычная строка («в кавычках»), содержимое которой воспринимается буквально
s	поиск соответствий без учёта перевода строк (по умолчанию)
t	компактный синтаксис (по умолчанию; см. ниже)
w	переводы строк учитываются частично, но в другом, «странном» режиме (см. Подраздел 9.7.3.5)

Параметр	Описание
x	развёрнутый синтаксис (см. ниже)

Внедрённые параметры начинают действовать сразу после скобки `)`, завершающей их последовательность. Они могут находиться только в начале ARE (после указания `***:`, если оно присутствует).

Помимо обычного (*компактного*) синтаксиса RE, в котором имеют значение все символы, поддерживается также *развёрнутый* синтаксис, включить который можно с помощью встроенного параметра `x`. В развёрнутом синтаксисе игнорируются пробельные символы, а также все символы от `#` до конца строки (или конца RE). Это позволяет разделять RE на строки и добавлять в него комментарии. Но есть три исключения:

- пробельный символ или `#`, за которым следует `\`, сохраняется
- пробельный символ или `#` внутри выражения в квадратных скобках сохраняется
- пробельные символы и комментарии не могут присутствовать в составных символах, например, в `(?:`

В данном контексте пробельными символами считаются пробел, табуляция, перевод строки и любой другой символ, относящийся к классу символов *space*.

И наконец, в ARE последовательность `(?#ttt)` (где *ttt* — любой текст, не содержащий `)`) вне квадратных скобок также считается комментарием и полностью игнорируется. При этом она так же не может находиться внутри составных символов, таких как `(?:`. Эти комментарии в большей степени историческое наследие, чем полезное средство; они считаются устаревшими, а вместо них рекомендуется использовать развёрнутый синтаксис.

Ни одно из этих расширений метасинтаксиса не будет работать, если выражение начинается с префикса `***=`, после которого строка воспринимается буквально, а не как RE.

9.7.3.5. Правила соответствия регулярным выражениям

В случае, когда RE может соответствовать более чем одной подстроке в заданной строке, соответствующей RE считается подстрока, которая начинается в ней первой. Если к данной позиции подобных соответствующих подстрок оказывается несколько, из них выбирается либо самая длинная, либо самая короткая из возможных, в зависимости от того, какой режим выбран в RE: *жадный* или *не жадный*.

Где жадный или не жадный характер RE определяется по следующим правилам:

- Большинство атомов и все ограничения не имеют признака жадности (так как они всё равно не могут соответствовать подстрокам разного состава).
- Скобки, окружающие RE, не влияют на его «жадность».
- Атом с определителем фиксированного количества (`{m}` или `{m}?`) имеет ту же характеристику жадности (или может не иметь её), как и сам атом.
- Атом с другими обычными определителями количества (включая `{m, n}`, где *m* равняется *n*) считается жадным (предпочитает соответствие максимальной длины).
- Атом с не жадным определителем количества (включая `{m, n}?`, где *m* равно *n*) считается не жадным (предпочитает соответствие минимальной длины).
- Ветвь (RE без оператора `|` на верхнем уровне) имеет ту же характеристику жадности, что и первый количественный атом в нём, имеющий атрибут жадности.
- RE, образованное из двух или более ветвей, соединённых оператором `|`, всегда считается жадным.

Эти правила связывают характеристики жадности не только с отдельными количественными атомами, но и с ветвями и целыми RE, содержащими количественные атомы. Это означает, что при

сопоставлении ветвь или целое RE может соответствовать максимально длинной или короткой подстроке *в целом*. Когда определена длина всего соответствия, часть его, соответствующая конкретному подвыражению, определяется с учётом характеристики жадности для этого подвыражения, при этом подвыражения, начинающиеся в RE раньше, имеют больший приоритет, чем следующие за ними.

Это иллюстрирует следующий пример:

```
SELECT SUBSTRING('XY1234Z', 'Y*([0-9]{1,3})');
Результат: 123
SELECT SUBSTRING('XY1234Z', 'Y*?([0-9]{1,3})');
Результат: 1
```

В первом случае, RE в целом жадное, так как жадным является атом `Y*`. Соответствие ему начинается с буквы `Y` и оно включает подстроку максимальной длины с этого места, т. е. подстроку `Y123`. Результат выражения — её часть, соответствующая подвыражению в скобках, т. е. `123`. Во втором случае, RE в целом наследует не жадный характер от атома `Y*?`. Соответствие ему так же начинается с `Y`, но включает оно подстроку минимальной длины с этого места, т. е. `Y1`. И хотя подвыражение `[0-9]{1,3}` имеет жадный характер, оно не может повлиять на выбор длины соответствия в целом, поэтому ему остаётся только подстрока `1`.

Другими словами, когда RE содержит и жадные, и не жадные подвыражения, всё соответствие будет максимально длинным или коротким в зависимости от характеристики всего RE. Характеристики, связанные с подвыражениями, влияют только на то, какую часть подстроки может «поглотить» одно подвыражение относительно другого.

Чтобы явно придать характеристику «жадности» или «нежадности» подвыражению или всему RE, можно использовать определители `{1,1}` и `{1,1}?`, соответственно. Это полезно, когда вам нужно, чтобы общая характеристика жадности RE отличалась от той, что вытекает из его элементов. Например, предположим, что вы пытаетесь выделить из строки, содержащей несколько цифр, эти цифры и части до и после них. Можно попытаться сделать это так:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(.*) (\d+) (.*)');
Результат: {abc0123,4,xyz}
```

Но это не будет работать: первая группа `.*` — «жадная», она «съест» всё, что сможет, оставляя для соответствия `\d+` только последнюю возможность, то есть последнюю цифру. Можно попытаться сделать запрос «нежадным»:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(.*)? (\d+) (.*)');
Результат: {abc,0,""}
```

И это не будет работать, так теперь весь RE в целом стал нежадным, и все соответствия завершаются как можно раньше. Но мы можем получить нужный результат, явно сделав жадным всё RE:

```
SELECT regexp_match('abc01234xyz', '(?:.*)? (\d+) (.*){1,1}');
Результат: {abc,01234,xyz}
```

Управление общей характеристикой «жадности» RE независимо от «жадности» его компонентов даёт большую гибкость в описании шаблонов переменной длины.

При определении более длинного или более короткого соответствия длины соответствий определяются в символах, а не в элементах сортировки. Пустая строка считается длиннее, чем отсутствие соответствия. Например, выражению `bb*` соответствуют три символа в середине строки `abbbbc`, выражению `(week|wee)(night|knights)` — все десять символов `weeknights`; когда выражение `(.)*` сопоставляется со строкой `abc`, подвыражению в скобках соответствуют все три символа; а когда `(a)*` сопоставляется со строкой `bc`, то и RE в целом, и подстроке в скобках соответствует пустая строка.

Игнорирование регистра символов даёт практически тот же эффект, как если бы в алфавите исчезли различия прописных и строчных букв. Если буква, существующая и в верхнем, и в нижнем регистре, фигурирует вне квадратных скобок как обычный символ, она по сути преобразуется в

выражение в квадратных скобках, содержащее оба варианта, например `x` становится `[xX]`. Если же она фигурирует в выражении в квадратных скобках, в это выражение добавляются все её варианты, например `[x]` становится `[xX]`, а `[^x]` — `[^xX]`.

Когда включён режим учёта перевода строк, атом `.` и выражения в квадратных скобках с `^` никогда не будут соответствовать символам конца строки (так что соответствия никогда не будут пересекать границы строк, если в RE нет явных указаний на эти символы), а `^` и `$` будут соответствовать пустой подстроке не только в начале и конце всего текста, но и в начале и конце каждой отдельной его строки. Однако спецсимволы ARE `\A` и `\Z` по-прежнему будут соответствовать *только* началу и концу всего текста.

В режиме, когда переводы строк учитываются частично, особый смысл перевод строк имеет для атома `.` и выражений в квадратных скобках, но не для `^` и `$`.

В обратном частичном режиме, перевод строк имеет особый смысл для `^` и `$`, как и в режиме с учётом перевода строк, но не для `.` и выражений в квадратных скобках. Данный режим не очень полезен, но существует для симметрии.

9.7.3.6. Пределы и совместимость

В текущей реализации отсутствует какой-либо явно заданный предел длины RE. Однако, разрабатывая программы высокой степени переносимости, не следует применять RE длиннее 256 байт, так как другая POSIX-совместимая реализация может отказаться обрабатывать такие регулярные выражения.

Единственная особенность ARE, действительно несовместимая с ERE стандарта POSIX проявляется в том, что в ARE знак `\` не теряет своё специальное значение в квадратных скобках. Все другие расширения ARE используют синтаксические возможности, которые не определены, не допустимы или не поддерживаются в ERE; синтаксис переключения режимов (`***`) также выходит за рамки синтаксиса POSIX как для BRE, так и для ERE.

Многие расширения ARE заимствованы из языка Perl, но некоторые были изменены, оптимизированы, а несколько расширений Perl были исключены. В результате имеют место следующие несовместимости: атомы `\b` и `\B`, отсутствие специальной обработки завершающего перевода строки, добавление исключений в квадратных скобках в число случаев, когда учитывается перевод строк, особые условия для скобок и ссылок назад в ограничениях просмотра вперёд/назад и семантика «наиболее длинное/короткое соответствие» (вместо «первое соответствие»).

Важно отметить две несовместимости синтаксиса ARE и регулярных выражений ERE, которые воспринимал PostgreSQL до версии 7.4:

- В ARE `\` с последующим алфавитно-цифровым символом представляет либо спецсимвол, либо ошибочную последовательность, тогда как в предыдущих версиях так можно было записывать алфавитно-цифровые символы. Это не должно быть большой проблемой, так как раньше не было причин использовать такие последовательности.
- В ARE знак `\` сохраняет своё специальное значение в `[]`, поэтому, чтобы передать `\` в квадратных скобках буквально, его нужно записать как `\\`.

9.7.3.7. Простые регулярные выражения

BRE имеют ряд отличий от ERE. В BRE знаки `|`, `+` и `?` теряют специальное значение, а замены им нет. Границы количества окружаются символами `\{` и `\}`, тогда как `{` и `}` рассматриваются как обычные символы. Вложенные подвыражения помещаются между `\(` и `\)`, а `(` и `)` представляют обычные символы. Символ `^` воспринимается как обычный, если только он не находится в начале RE или подвыражения в скобках, `$` — тоже обычный символ, если он находится не в конце RE или в конце подвыражения в скобках, и `*` — обычный символ, когда он находится в начале RE или подвыражения в скобках (возможно, после начального `^`). И, наконец, в BRE работают ссылки назад с одной цифрой, `\<` и `\>` — синонимы для `[:<:]` и `[:>:]`, соответственно; никакие другие спецсимволы в BRE не поддерживаются.

9.8. Функции форматирования данных

Функции форматирования в PostgreSQL предоставляют богатый набор инструментов для преобразования самых разных типов данных (дата/время, целое, числа с плавающей и фиксированной точкой) в форматированные строки и обратно. Все они перечислены в Таблице 9.23. Все эти функции следует одному соглашению: в первом аргументе передаётся значение, которое нужно отформатировать, а во втором — шаблон, определяющий формат ввода или вывода.

Таблица 9.23. Функции форматирования

Функция	Тип результата	Описание	Пример
<code>to_char(timestamp, text)</code>	text	преобразует время в текст	<code>to_char(current_timestamp, 'HH12:MI:SS')</code>
<code>to_char(interval, text)</code>	text	преобразует интервал в текст	<code>to_char(interval '15h 2m 12s', 'HH24:MI:SS')</code>
<code>to_char(int, text)</code>	text	преобразует целое в текст	<code>to_char(125, '999')</code>
<code>to_char(double precision, text)</code>	text	преобразует плавающее одинарной/двойной точности в текст	<code>to_char(125.8::real, '999D9')</code>
<code>to_char(numeric, text)</code>	text	преобразует числовое значение в текст	<code>to_char(-125.8, '999D99S')</code>
<code>to_date(text, text)</code>	date	преобразует текст в дату	<code>to_date('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')</code>
<code>to_number(text, text)</code>	numeric	преобразует текст в число	<code>to_number('12,454.8-', '99G999D9S')</code>
<code>to_timestamp(text, text)</code>	timestamp with time zone	преобразует строку во время	<code>to_timestamp('05 Dec 2000', 'DD Mon YYYY')</code>

Примечание

Также имеется функция `to_timestamp` с одним аргументом; см. Таблицу 9.30.

Подсказка

Функции `to_timestamp` и `to_date` предназначены для работы с входными форматами, которые нельзя преобразовать простым приведением. Для большинства стандартных форматов даты/времени работает простое приведение исходной строки к требуемому типу и использовать его гораздо легче. Так же и функцию `to_number` нет необходимости использовать для стандартных представлений чисел.

Шаблон вывода `to_char` может содержать ряд кодов, которые распознаются при форматировании и заменяются соответствующими данными в зависимости от заданного значения. Любой текст, который не является кодом, просто копируется в неизменном виде. Подобным образом в строке шаблона ввода (для других функций) шаблонные коды определяют, какие значения должны поступать из входной строки. Если в строке шаблона есть символы, не относящиеся к шаблонным ко-

дам, соответствующие символы во входной строке просто пропускаются (вне зависимости от того, совпадают ли они с символами в строке шаблона).

Все коды форматирования даты и времени перечислены в Таблице 9.24.

Таблица 9.24. Коды форматирования даты/времени

Код	Описание
HH	час (01-12)
HH12	час (01-12)
HH24	час (00-23)
MI	минута (00-59)
SS	секунда (00-59)
MS	миллисекунда (000-999)
US	микросекунда (000000-999999)
SSSS	число секунд с начала суток (0-86399)
AM, am, PM или pm	обозначение времени до/после полудня (без точек)
A.M., a.m., P.M. или p.m.	обозначение времени до/после полудня (с точками)
Y, YYYY	год (4 или более цифр) с разделителем
YYYY	год (4 или более цифр)
YYY	последние 3 цифры года
YY	последние 2 цифры года
Y	последняя цифра года
IYYYY	недельный год по ISO 8601 (4 или более цифр)
IYY	последние 3 цифры недельного года по ISO 8601
IY	последние 2 цифры недельного года по ISO 8601
I	последняя цифра недельного года по ISO 8601
BC, bc, AD или ad	обозначение эры (без точек)
B.C., b.c., A.D. или a.d.	обозначение эры (с точками)
MONTH	полное название месяца в верхнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
Month	полное название месяца с большой буквы (дополненное пробелами до 9 символов)
month	полное название месяца в нижнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
MON	сокращённое название месяца в верхнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
Mon	сокращённое название месяца с большой буквы (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
mon	сокращённое название месяца в нижнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
MM	номер месяца (01-12)

Код	Описание
DAY	полное название дня недели в верхнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
Day	полное название дня недели с большой буквы (дополненное пробелами до 9 символов)
day	полное название дня недели в нижнем регистре (дополненное пробелами до 9 символов)
DY	сокращённое название дня недели в верхнем регистре (3 буквы в английском; в других языках может меняться)
Dy	сокращённое название дня недели с большой буквы (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
dy	сокращённое название дня недели в нижнем регистре (3 буквы в английском; в других языках длина может меняться)
DDD	номер дня в году (001-366)
IDDD	номер дня в году по ISO 8601 (001-371; 1 день — понедельник первой недели по ISO)
DD	день месяца (01-31)
D	номер дня недели, считая с воскресенья (1) до субботы (7)
ID	номер дня недели по ISO 8601, считая с понедельника (1) до воскресенья (7)
W	неделя месяца (1-5) (первая неделя начинается в первое число месяца)
WW	номер недели в году (1-53) (первая неделя начинается в первый день года)
IW	номер недели в году по ISO 8601 (01-53; первый четверг года относится к неделе 1)
CC	век (2 цифры) (двадцать первый век начался 2001-01-01)
J	День по юлианскому календарю (номер дня с 24 ноября 4714 г. до н. э.)
Q	quarter
RM	номер месяца римскими цифрами в верхнем регистре (I-XII; I=январь)
rm	номер месяца римскими цифрами в нижнем регистре (i-xii; i=январь)
TZ	сокращённое название часового пояса в верхнем регистре (поддерживается только в <code>to_char</code>)
tz	сокращённое название часового пояса в нижнем регистре (поддерживается только в <code>to_char</code>)
TZH	часы часового пояса
TZM	минуты часового пояса
OF	смещение часового пояса от UTC (поддерживается только в <code>to_char</code>)

К любым кодам форматирования можно добавить модификаторы, изменяющие их поведение. Например, шаблон форматирования `FMMonth` включает код `Month` с модификатором `FM`. Модификаторы, предназначенные для форматирования даты/времени, перечислены в Таблице 9.25.

Таблица 9.25. Модификаторы кодов для форматирования даты/времени

Модификатор	Описание	Пример
Приставка <code>FM</code>	режим заполнения (подавляет ведущие нули и дополнение пробелами)	<code>FMMonth</code>
Окончание <code>TH</code>	окончание порядкового числительного в верхнем регистре	<code>DDTH</code> , например <code>12TH</code>
Окончание <code>th</code>	окончание порядкового числительного в нижнем регистре	<code>DDth</code> , например <code>12th</code>
Приставка <code>FX</code>	глобальный параметр фиксированного формата (см. замечания)	<code>FX Month DD Day</code>
Приставка <code>TM</code>	режим перевода (выводятся локализованные названия дней и месяцев, исходя из <code>lc_time</code>)	<code>TMMonth</code>
Окончание <code>SP</code>	режим числа прописью (не реализован)	<code>DDSP</code>

Замечания по использованию форматов даты/времени:

- `FM` подавляет дополняющие пробелы и нули справа, которые в противном случае будут добавлены, чтобы результат имел фиксированную ширину. В PostgreSQL модификатор `FM` действует только на следующий код, тогда как в Oracle `FM` её действие распространяется на все последующие коды, пока не будет отключено последующим модификатором `FM`.
- `TM` не затрагивает замыкающие пробелы. Функции `to_timestamp` и `to_date` игнорируют указание `TM`.
- `to_timestamp` и `to_date` пропускают повторяющиеся пробелы во входной строке, если только не используется параметр `FX`. Например, `to_timestamp('2000 JUN', 'YYYY MON')` будет работать, но `to_timestamp('2000 JUN', 'FXYYYY MON')` вернёт ошибку, так как `to_timestamp` в данном случае ожидает только один разделяющий пробел. Приставка `FX` должна быть первой в шаблоне.
- Шаблоны для `to_char` могут содержать обычный текст; он будет выведен в неизменном виде. Чтобы принудительно вывести текст буквально, даже если он содержит шаблонные коды, подстроку с ним можно заключить в кавычки. Например, в строке `"Hello Year "YYYY"`, код `YYYY` будет заменён годом, а буква `Y` в слове `Year` останется неизменной. В функциях `to_date`, `to_number` и `to_timestamp` при обработке подстрок в кавычках и буквального текста некоторой длины пропускается такое же число символов во входной строке; например, при обработке подстроки `"XX"` будут пропущены два символа (любые, не обязательно `XX`).
- Если вам нужно получить на выходе двойные кавычки, вы должны предварить их символом обратной косой черты, например: `"\"YYYY Month\""`. В остальном этот символ вне кавычек воспринимается как обычный. Внутри строки в кавычках он указывает, что следующий символ должен восприниматься буквально, каким бы он ни был (но это имеет смысл, только если следующий символ — кавычки или обратная косая черта).
- Если в функциях `to_timestamp` и `to_date` формат года определяется менее, чем 4 цифрами, например, как `YYY`, и в переданном значении года тоже меньше 4 цифр, год пересчитывается в максимально близкий к году 2020, т. е. 95 воспринимается как 1995.
- В функциях `to_timestamp` и `to_date` с преобразованием `YYYY` связано ограничение, когда обрабатываемый год записывается более чем 4 цифрами. После `YYYY` необходимо будет доба-

вить нецифровой символ или соответствующий код, иначе год всегда будет восприниматься как 4 цифры. Например, в `to_date('200001131', 'YYYYMMDD')` (с годом 20000) год будет интерпретирован как состоящий из 4 цифр; чтобы исправить ситуацию, нужно добавить нецифровой разделитель после года, как в `to_date('20000-1131', 'YYYY-MMDD')`, или код как в `to_date('20000Nov31', 'YYYYMonDD')`.

- Функции `to_timestamp` и `to_date` принимают поле `CC` (век), но игнорируют его, если в шаблоне есть поле `YYY`, `YYYY` или `Y`, `YY`. Если `CC` используется с `YY` или `Y`, результатом будет год в данном столетии. Если присутствует только код столетия, без года, подразумевается первый год этого века.
- Функции `to_timestamp` и `to_date` принимают названия и номера дней недели (`DAY`, `D` и связанные типы полей), но игнорируют их при вычислении результата. То же самое происходит с полями квартала (`Q`).
- Функциям `to_timestamp` и `to_date` можно передать даты по недельному календарю ISO 8601 (отличающиеся от григорианских) одним из двух способов:
 - Год, номер недели и дня недели: например, `to_date('2006-42-4', 'IYYY-IW-ID')` возвращает дату 2006-10-19. Если день недели опускается, он считается равным 1 (понедельнику).
 - Год и день года: например, `to_date('2006-291', 'IYYY-IDDD')` также возвращает 2006-10-19.

Попытка ввести дату из смеси полей григорианского и недельного календаря ISO 8601 бессмысленна, поэтому это будет считаться ошибкой. В контексте ISO 8601 понятия «номер месяца» и «день месяца» не существуют, а в григорианском календаре нет понятия номера недели по ISO.

Внимание

Тогда как `to_date` не примет смесь полей григорианского и недельного календаря ISO, `to_char` способна на это, так как форматы вроде `YYYY-MM-DD` (`IYYY-IDDD`) могут быть полезны. Но избегайте форматов типа `IYYY-MM-DD`; в противном случае с датами в начале года возможны сюрпризы. (За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 9.9.1.)

- Функция `to_timestamp` воспринимает поля миллисекунд (`MS`) или микросекунд (`US`) как дробную часть числа секунд. Например, `to_timestamp('12.3', 'SS.MS')` — это не 3 миллисекунды, а 300, так как это значение воспринимается как $12 + 0.3$ секунды. Это значит, что для формата `SS.MS` входные значения 12.3, 12.30 и 12.300 задают одно и то же число миллисекунд. Чтобы получить три миллисекунды, время нужно записать в виде 12.003, тогда оно будет воспринято как $12 + 0.003 = 12.003$ сек.
- Ещё более сложный пример: `to_timestamp('15:12:02.020.001230', 'HH24:MI:SS.MS.US')` будет преобразовано в 15 часов, 12 минут и 2 секунды + 20 миллисекунд + 1230 микросекунд = 2.021230 seconds.
- Нумерация дней недели в `to_char(..., 'ID')` соответствует функции `extract(isodow from ...)`, но нумерация `to_char(..., 'D')` не соответствует нумерации, принятой в `extract(dow from ...)`.
 - Функция `to_char(interval)` обрабатывает форматы `HH` and `HH12` в рамках 12 часов, то есть 0 и 36 часов будут выводиться как 12, тогда как `HH24` выводит число часов полностью, и для значений `interval` результат может превышать 23.

Коды форматирования числовых значений перечислены в Таблице 9.26.

Таблица 9.26. Коды форматирования чисел

Код	Описание
9	позиция цифры (может отсутствовать, если цифра незначащая)
0	позиция цифры (присутствует всегда, даже если цифра незначащая)
. (точка)	десятичная точка
, (запятая)	разделитель групп (тысяч)
PR	отрицательное значение в угловых скобках
S	знак, добавляемый к числу (с учётом локали)
L	символ денежной единицы (с учётом локали)
D	разделитель целой и дробной части числа (с учётом локали)
G	разделитель групп (с учётом локали)
MI	знак минус в заданной позиции (если число < 0)
PL	знак плюс в заданной позиции (если число > 0)
SG	знак плюс или минус в заданной позиции
RN	число римскими цифрами (в диапазоне от 1 до 3999)
TH или th	окончание порядкового числительного
V	сдвиг на заданное количество цифр (см. замечания)
EEEE	экспоненциальная запись числа

Замечания по использованию форматов чисел:

- 0 обозначает позицию цифры, которая будет выводиться всегда, даже если это незначащий ноль слева или справа. 9 также обозначает позицию цифры, но если это незначащий ноль слева, он заменяется пробелом, а если справа и задан режим заполнения, он удаляется. (Для функции `to_number()` эти два символа равнозначны.)
- Символы шаблона S, L, D и G представляют знак, символ денежной единицы, десятичную точку и разделитель тысяч, как их определяет текущая локаль (см. `lc_monetary` и `lc_numeric`). Символы точка и запятая представляют те же символы, обозначающие десятичную точку и разделитель тысяч, но не зависят от локали.
- Если в шаблоне `to_char()` отсутствует явное указание положения знака, для него резервируется одна позиция рядом с числом (слева от него). Если левее нескольких 9 помещён S, знак также будет приписан слева к числу.
- Знак числа, полученный кодами SG, PL или MI, не присоединяется к числу; например, `to_char(-12, 'MI9999')` выдаёт '- 12', тогда как `to_char(-12, 'S9999')` — ' -12'. (В Oracle MI не может идти перед 9, наоборот 9 нужно указать перед MI.)
- TH не преобразует значения меньше 0 и не поддерживает дробные числа.
- PL, SG и TH — расширения PostgreSQL.
- В `to_number` при использовании шаблонных кодов, не обозначающих данные, таких как L и TH, пропускается соответствующее количество входных символов. При этом не имеет значения, совпадают ли они с символами шаблона, если только это не символы данных (то есть цифры, знак числа, десятичная точка или запятая). Например, для подстроки TH будут пропущены два символа, не представляющие данные.

- `V с to_char` умножает вводимое значение на 10^n , где n — число цифр, следующих за `V`. `V с to_number` подобным образом делит значение. Функции `to_char` и `to_number` не поддерживают `V с` дробными числами (например, `99.9V99` не допускается).
- Код `EEEE` (научная запись) не может сочетаться с любыми другими вариантами форматирования или модификаторами, за исключением цифр и десятичной точки, и должен располагаться в конце строки шаблона (например, `9.99EEEE` — допустимый шаблон).

Для изменения поведения кодов к ним могут быть применены определённые модификаторы. Например, `FM99.99` обрабатывается как код `99.99` с модификатором `FM`. Все модификаторы для форматирования чисел перечислены в Таблице 9.27.

Таблица 9.27. Модификаторы шаблонов для форматирования чисел

Модификатор	Описание	Пример
Приставка <code>FM</code>	режим заполнения (подавляет завершающие нули и дополнение пробелами)	<code>FM99.99</code>
Окончание <code>TH</code>	окончание порядкового числительного в верхнем регистре	<code>999TH</code>
Окончание <code>th</code>	окончание порядкового числительного в нижнем регистре	<code>999th</code>

В Таблице 9.28 приведены некоторые примеры использования функции `to_char`.

Таблица 9.28. Примеры `to_char`

Выражение	Результат
<code>to_char(current_timestamp, 'Day, DD HH12:MI:SS')</code>	<code>'Tuesday , 06 05:39:18'</code>
<code>to_char(current_timestamp, 'FMDD HH12:MI:SS')</code>	<code>'Tuesday, 6 05:39:18'</code>
<code>to_char(-0.1, '99.99')</code>	<code>' -.10'</code>
<code>to_char(-0.1, 'FM9.99')</code>	<code>'-.1'</code>
<code>to_char(-0.1, 'FM90.99')</code>	<code>'-0.1'</code>
<code>to_char(0.1, '0.9')</code>	<code>' 0.1'</code>
<code>to_char(12, '9990999.9')</code>	<code>' 0012.0'</code>
<code>to_char(12, 'FM9990999.9')</code>	<code>'0012.'</code>
<code>to_char(485, '999')</code>	<code>' 485'</code>
<code>to_char(-485, '999')</code>	<code>'-485'</code>
<code>to_char(485, '9 9 9')</code>	<code>' 4 8 5'</code>
<code>to_char(1485, '9,999')</code>	<code>' 1,485'</code>
<code>to_char(1485, '9G999')</code>	<code>' 1 485'</code>
<code>to_char(148.5, '999.999')</code>	<code>' 148.500'</code>
<code>to_char(148.5, 'FM999.999')</code>	<code>'148.5'</code>
<code>to_char(148.5, 'FM999.990')</code>	<code>'148.500'</code>
<code>to_char(148.5, '999D999')</code>	<code>' 148,500'</code>
<code>to_char(3148.5, '9G999D999')</code>	<code>' 3 148,500'</code>
<code>to_char(-485, '999S')</code>	<code>'485-'</code>
<code>to_char(-485, '999MI')</code>	<code>'485-'</code>

Выражение	Результат
to_char(485, '999MI')	'485 '
to_char(485, 'FM999MI')	'485'
to_char(485, 'PL999')	'+485'
to_char(485, 'SG999')	'+485'
to_char(-485, 'SG999')	'-485'
to_char(-485, '9SG99')	'4-85'
to_char(-485, '999PR')	'<485>'
to_char(485, 'L999')	'DM 485'
to_char(485, 'RN')	' CDLXXXV'
to_char(485, 'FMRN')	'CDLXXXV'
to_char(5.2, 'FMRN')	'V'
to_char(482, '999th')	' 482nd'
to_char(485, '"Good number:"999')	'Good number: 485'
to_char(485.8, '"Pre:"999" Post:" .999')	'Pre: 485 Post: .800'
to_char(12, '99V999')	' 12000'
to_char(12.4, '99V999')	' 12400'
to_char(12.45, '99V9')	' 125'
to_char(0.0004859, '9.99EEEE')	' 4.86e-04'

9.9. Операторы и функции даты/времени

Все существующие функции для обработки даты/времени перечислены в Таблице 9.30, а подробнее они описаны в следующих подразделах. Поведение основных арифметических операторов (+, * и т. д.) описано в Таблице 9.29. Функции форматирования этих типов данных были перечислены в Разделе 9.8. Общую информацию об этих типах вы получили (или можете получить) в Разделе 8.5.

Все описанные ниже функции и операторы принимают две разновидности типов `time` или `timestamp`: с часовым поясом (`time with time zone` и `timestamp with time zone`) и без него (`time without time zone` и `timestamp without time zone`). Для краткости здесь они рассматриваются вместе. Кроме того, операторы + и * обладают переместительным свойством (например, `date + integer = integer + date`); здесь будет приведён только один вариант для каждой пары.

Таблица 9.29. Операторы даты/времени

Оператор	Пример	Результат
+	date '2001-09-28' + integer '7'	date '2001-10-05'
+	date '2001-09-28' + interval '1 hour'	timestamp '2001-09-28 01:00:00'
+	date '2001-09-28' + time '03:00'	timestamp '2001-09-28 03:00:00'
+	interval '1 day' + interval '1 hour'	interval '1 day 01:00:00'
+	timestamp '2001-09-28 01:00' + interval '23 hours'	timestamp '2001-09-29 00:00:00'
+	time '01:00' + interval '3 hours'	time '04:00:00'

Оператор	Пример	Результат
-	- interval '23 hours'	interval '-23:00:00'
-	date '2001-10-01' - date '2001-09-28'	integer '3' (дня)
-	date '2001-10-01' - integer '7'	date '2001-09-24'
-	date '2001-09-28' - interval '1 hour'	timestamp '2001-09-27 23:00:00'
-	time '05:00' - time '03:00'	interval '02:00:00'
-	time '05:00' - interval '2 hours'	time '03:00:00'
-	timestamp '2001-09-28 23:00' - interval '23 hours'	timestamp '2001-09-28 00:00:00'
-	interval '1 day' - interval '1 hour'	interval '1 day -01:00:00'
-	timestamp '2001-09-29 03:00' - timestamp '2001-09-27 12:00'	interval '1 day 15:00:00'
*	900 * interval '1 second'	interval '00:15:00'
*	21 * interval '1 day'	interval '21 days'
*	double precision '3.5' * interval '1 hour'	interval '03:30:00'
/	interval '1 hour' / double precision '1.5'	interval '00:40:00'

Таблица 9.30. Функции даты/времени

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
age(timestamp, timestamp)	interval	Вычитает аргументы и выдаёт «символический» результат с годами и месяцами, а не просто днями	age(timestamp '2001-04-10', timestamp '1957-06-13')	43 years 9 mons 27 days (43 года 9 месяцев 27 дней)
age(timestamp)	interval	Вычитает дату/время из current_date (полночь текущего дня)	age(timestamp '1957-06-13')	43 years 8 mons 3 days (43 года 8 месяцев 3 дня)
clock_timestamp()	timestamp with time zone	Текущая дата и время (меняется в процессе выполнения операторов); см. Подраздел 9.9.4		
current_date	date	Текущая дата; см. Подраздел 9.9.4		
current_time	time with time zone	Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4		

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
current_timestamp	timestamp with time zone	Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4		
date_part(text, timestamp)	double precision	Возвращает поле даты (равнозначно extract); см. Подраздел 9.9.1	date_part('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')	20
date_part(text, interval)	double precision	Возвращает поле даты (равнозначно extract); см. Подраздел 9.9.1	date_part('month', interval '2 years 3 months')	3
date_trunc(text, timestamp)	timestamp	Отсекает компоненты даты до заданной точности; см. также Подраздел 9.9.2	date_trunc('hour', timestamp '2001-02-16 20:38:40')	2001-02-16 20:00:00
date_trunc(text, interval)	interval	Отсекает компоненты даты до заданной точности; см. также Подраздел 9.9.2	date_trunc('hour', interval '2 days 3 hours 40 minutes')	2 days 03:00:00
extract(field from timestamp)	double precision	Возвращает поле даты; см. Подраздел 9.9.1	extract(hour from timestamp '2001-02-16 20:38:40')	20
extract(field from interval)	double precision	Возвращает поле даты; см. Подраздел 9.9.1	extract(month from interval '2 years 3 months')	3
isfinite(date)	boolean	Проверяет конечность даты (её отличие от +/-бесконечности)	isfinite(date '2001-02-16')	true
isfinite(timestamp)	boolean	Проверяет конечность времени (его отличие от +/-бесконечности)	isfinite(timestamp '2001-02-16 21:28:30')	true
isfinite(interval)	boolean	Проверяет конечность интервала	isfinite(interval '4 hours')	true
justify_days(interval)	interval	Преобразует интервал так, что каждый 30-дневный период считается одним месяцем	justify_days(interval '35 days')	1 mon 5 days (1 месяц 5 дней)
justify_hours(interval)	interval	Преобразует интервал так, что каждый 24-часо-	justify_hours(interval '27 hours')	1 day 03:00:00 (1 день 03:00:00)

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		вой период считается одним днём		
justify_interval(interval)	interval	Преобразует интервал с применением justify_days и justify_hours и дополнительно корректирует знаки	justify_interval('1 mon -1 hour')	29 days 23:00:00 (29 дней 23:00:00)
localtime	time	Текущее время суток; см. Подраздел 9.9.4		
localtimestamp	timestamp	Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4		
make_date(year int, month int, day int)	date	Образует дату из полей: year (год), month (месяц) и day (день)	make_date(2013, 7, 15)	2013-07-15
make_interval(years int DEFAULT 0, months int DEFAULT 0, weeks int DEFAULT 0, days int DEFAULT 0, hours int DEFAULT 0, mins int DEFAULT 0, secs double precision DEFAULT 0.0)	interval	Образует интервал из полей: years (годы), months (месяцы), weeks (недели), days (дни), hours (часы), minutes (минуты) и secs (секунды)	make_interval(days => 10)	10 days
make_time(hour int, min int, sec double precision)	time	Образует время из полей: hour (час), minute (минута) и sec (секунда)	make_time(8, 15, 23.5)	08:15:23.5
make_timestamp(year int, month int, day int, hour int, min int, sec double precision)	timestamp	Образует дату и время из полей: year (год), month (месяц), day (день), hour (час), minute (минута) и sec (секунда)	make_timestamp(2013, 7, 15, 8, 15, 23.5)	2013-07-15 08:15:23.5
make_timestamptz(year int, month int, day int, hour int, min int, sec double precision,	timestamp with time zone	Образует дату и время с часовым поясом из полей: year (год), month (месяц), day (день), hour (час), minute (минута) и sec (секунда). Если па-	make_timestamptz(2013, 7, 15, 8, 15, 23.5)	2013-07-15 08:15:23.5+01

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>[timezone text])</code>		параметр <i>timezone</i> (часовой пояс) не указан, используется текущий часовой пояс.		
<code>now()</code>	timestamp with time zone	Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4		
<code>statement_ timestamp()</code>	timestamp with time zone	Текущая дата и время (на момент начала текущего оператора); см. Подраздел 9.9.4		
<code>timeofday()</code>	text	Текущая дата и время (как <code>clock_timestamp</code> , но в виде строки типа <code>text</code>); см. Подраздел 9.9.4		
<code>transaction_ timestamp()</code>	timestamp with time zone	Текущая дата и время (на момент начала транзакции); см. Подраздел 9.9.4		
<code>to_timestamp(double precision)</code>	timestamp with time zone	Преобразует время эпохи Unix (число секунд с 1970-01-01 00:00:00+00) в стандартное время	<code>to_timestamp(1284352323)</code>	2010-09-13 04:32:03+00

В дополнение к этим функциям поддерживается SQL-оператор `OVERLAPS`:

```
(начало1, конец1) OVERLAPS (начало2, конец2)
(начало1, длительность1) OVERLAPS (начало2, длительность2)
```

Его результатом будет `true`, когда два периода времени (определённые своими границами) пересекаются, и `false` в противном случае. Границы периода можно задать либо в виде пары дат, времени или дат со временем, либо как дату, время (или дату со временем) с интервалом. Когда указывается пара значений, первым может быть и начало, и конец периода: `OVERLAPS` автоматически считает началом периода меньшее значение. Периоды времени считаются наполовину открытыми, т. е. *начало* ≤ *время* < *конец*, если только *начало* и *конец* не равны — в этом случае период представляет один момент времени. Это означает, например, что два периода, имеющие только общую границу, не будут считаться пересекающимися.

```
SELECT (DATE '2001-02-16', DATE '2001-12-21') OVERLAPS
      (DATE '2001-10-30', DATE '2002-10-30');
Результат:true
SELECT (DATE '2001-02-16', INTERVAL '100 days') OVERLAPS
      (DATE '2001-10-30', DATE '2002-10-30');
Результат:false
SELECT (DATE '2001-10-29', DATE '2001-10-30') OVERLAPS
```

```
(DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-31');
Результат:false
SELECT (DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-30') OVERLAPS
      (DATE '2001-10-30', DATE '2001-10-31');
Результат:true
```

При добавлении к дате со временем типа `timestamp with time zone` значения `interval` (или при вычитании из него `interval`), поле дней в этой дате увеличивается (или уменьшается) на указанное число дней. При пересечении границы перехода на летнее время (если в часовом поясе текущего сеанса производится этот переход) это означает, что `interval '1 day'` и `interval '24 hours'` не обязательно будут равны. Например, в часовом поясе `CST7CDT` результатом выражения `timestamp with time zone '2005-04-02 12:00-07' + interval '1 day'` будет `timestamp with time zone '2005-04-03 12:00-06'`, тогда как, если добавить `interval '24 hours'` к тому же значению `timestamp with time zone`, в результате получится `timestamp with time zone '2005-04-03 13:00-06'`. Эта разница объясняется тем, что 2005-04-03 02:00 в часовом поясе `CST7CDT` произошёл переход на летнее время.

Обратите внимание на возможную неоднозначность в поле `months` в результате функции `age`, вызванную тем, что число дней в разных месяцах неодинаково. Вычисляя оставшиеся дни месяца, PostgreSQL рассматривает месяц меньшей из двух дат. Например, результатом `age('2004-06-01', '2004-04-30')` будет `1 mon 1 day`, так как в апреле 30 дней, а то же выражение с датой 30 мая выдаст `1 mon 2 days`, так как в мае 31 день.

Вычитание дат и дат со временем также может быть нетривиальной операцией. Один принципиально простой способ выполнить такое вычисление — преобразовать каждое значение в количество секунд, используя `EXTRACT(EPOCH FROM ...)`, а затем найти разницу результатов; при этом будет получено число секунд между двумя датами. При этом будет учтено неодинаковое число дней в месяцах, изменения часовых поясов и переходы на летнее время. При вычитании дат или дат со временем с помощью оператора «-» выдаётся число дней (по 24 часа) и часов/минут/секунд между данными значениями, с учётом тех же факторов. Функция `age` возвращает число лет, месяцев, дней и часов/минут/секунд, выполняя вычитание по полям, а затем пересчитывая отрицательные значения. Различие этих подходов иллюстрируют следующие запросы. Показанные результаты были получены для часового пояса `'US/Eastern'`; между двумя заданными датами произошёл переход на летнее время:

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM timestampz '2013-07-01 12:00:00') -
      EXTRACT(EPOCH FROM timestampz '2013-03-01 12:00:00');
Результат:10537200
SELECT (EXTRACT(EPOCH FROM timestampz '2013-07-01 12:00:00') -
      EXTRACT(EPOCH FROM timestampz '2013-03-01 12:00:00'))
      / 60 / 60 / 24;
Результат:121.958333333333
SELECT timestampz '2013-07-01 12:00:00' - timestampz '2013-03-01 12:00:00';
Результат:121 days 23:00:00
SELECT age(timestampz '2013-07-01 12:00:00', timestampz '2013-03-01 12:00:00');
Результат:4 mons
```

9.9.1. EXTRACT, date_part

`EXTRACT(field FROM source)`

Функция `extract` получает из значений даты/времени поля, такие как год или час. Здесь *источник* — значение типа `timestamp`, `time` или `interval`. (Выражения типа `date` приводятся к типу `timestamp`, так что допускается и этот тип.) Указанное поле представляет собой идентификатор, по которому из источника выбирается заданное поле. Функция `extract` возвращает значения типа `double precision`. Допустимые поля:

`century`

Век:

```
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM TIMESTAMP '2000-12-16 12:21:13');  
Результат:20  
SELECT EXTRACT(CENTURY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:21
```

Первый век начался 0001-01-01 00:00:00, хотя люди в то время и не считали так. Это определение распространяется на все страны с григорианским календарём. Века с номером 0 нет было; считается, что 1 наступил после -1. Если такое положение вещей вас не устраивает, направляйте жалобы по адресу: Ватикан, Собор Святого Петра, Папе.

day

Для значений `timestamp` это день месяца (1 - 31), для значений `interval` — число дней

```
SELECT EXTRACT(DAY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:16  
  
SELECT EXTRACT(DAY FROM INTERVAL '40 days 1 minute');  
Результат:40
```

decade

Год, делённый на 10

```
SELECT EXTRACT(DECADE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:200
```

dow

День недели, считая с воскресенья (0) до субботы (6)

```
SELECT EXTRACT(DOW FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:5
```

Заметьте, что в `extract` дни недели нумеруются не так, как в функции `to_char(..., 'D')`.

doy

День года (1 - 365/366)

```
SELECT EXTRACT(DOY FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:47
```

epoch

Для значений `timestamp with time zone` это число секунд с 1970-01-01 00:00:00 UTC (может быть отрицательным); для значений `date` и `timestamp` это число секунд с 1970-01-01 00:00:00 по местному времени, а для `interval` — общая длительность интервала в секундах

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM TIMESTAMP WITH TIME ZONE  
  '2001-02-16 20:38:40.12-08');  
Результат:982384720.12
```

```
SELECT EXTRACT(EPOCH FROM INTERVAL '5 days 3 hours');  
Результат:442800
```

Преобразовать время эпохи назад, в значение дата/время, с помощью `to_timestamp` можно так:

```
SELECT to_timestamp(982384720.12);  
Результат:2001-02-17 04:38:40.12+00
```

hour

Час (0 - 23)

```
SELECT EXTRACT(HOUR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');  
Результат:20
```

isodow

День недели, считая с понедельника (1) до воскресенья (7)

```
SELECT EXTRACT(ISODOW FROM TIMESTAMP '2001-02-18 20:38:40');
```

Результат: 7

Результат отличается от `dow` только для воскресенья. Такая нумерация соответствует ISO 8601.

isoyear

Год по недельному календарю ISO 8601, в который попадает дата (неприменимо к интервалам)

```
SELECT EXTRACT(ISOYEAR FROM DATE '2006-01-01');
```

Результат: 2005

```
SELECT EXTRACT(ISOYEAR FROM DATE '2006-01-02');
```

Результат: 2006

Год по недельному календарю ISO начинается с понедельника недели, в которой оказывается 4 января, так что в начале января или в конце декабря год по ISO может отличаться от года по григорианскому календарю. Подробнее об этом рассказывается в описании поля `week`.

Этого поля не было в PostgreSQL до версии 8.3.

microseconds

Значение секунд с дробной частью, умноженное на 1 000 000; заметьте, что оно включает и целые секунды

```
SELECT EXTRACT(MICROSECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
```

Результат: 28500000

millennium

Тысячелетие

```
SELECT EXTRACT(MILLENNIUM FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат: 3

Годы 20 века относятся ко второму тысячелетию. Третье тысячелетие началось 1 января 2001 г.

milliseconds

Значение секунд с дробной частью, умноженное на 1 000; заметьте, что оно включает и целые секунды.

```
SELECT EXTRACT(MILLISECONDS FROM TIME '17:12:28.5');
```

Результат: 28500

minute

Минуты (0 - 59)

```
SELECT EXTRACT(MINUTE FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат: 38

month

Для значений `timestamp` это номер месяца в году (1 - 12), а для `interval` — остаток от деления числа месяцев на 12 (в интервале 0 - 11)

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат: 2

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 3 months');
```

Результат: 3

```
SELECT EXTRACT(MONTH FROM INTERVAL '2 years 13 months');
```

Результат: 1

quarter

Квартал года (1 - 4), к которому относится дата

```
SELECT EXTRACT(QUARTER FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат:1

second

Секунды, включая дробную часть (0 - 59¹)

```
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат:40

```
SELECT EXTRACT(SECOND FROM TIME '17:12:28.5');
```

Результат:28.5

timezone

Смещение часового пояса от UTC, представленное в секундах. Положительные значения соответствуют часовым поясам к востоку от UTC, а отрицательные — к западу. (Строго говоря, в PostgreSQL используется не UTC, так как секунды координации не учитываются.)

timezone_hour

Поле часов в смещении часового пояса

timezone_minute

Поле минут в смещении часового пояса

week

Номер недели в году по недельному календарю ISO 8601. По определению, недели ISO 8601 начинаются с понедельника, а первая неделя года включает 4 января этого года. Другими словами, первый четверг года всегда оказывается в 1 неделе этого года.

В системе нумерации недель ISO первые числа января могут относиться к 52-ой или 53-ей неделе предыдущего года, а последние числа декабря — к первой неделе следующего года. Например, 2005-01-01 относится к 53-ей неделе 2004 г., а 2006-01-01 — к 52-ей неделе 2005 г., тогда как 2012-12-31 включается в первую неделю 2013 г. Поэтому для получения согласованных результатов рекомендуется использовать поле `isoyear` в паре с `week`.

```
SELECT EXTRACT(WEEK FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат:7

year

Поле года. Учтите, что года 0 не было, и это следует иметь в виду, вычитая из годов нашей эры годы до нашей эры.

```
SELECT EXTRACT(YEAR FROM TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
```

Результат:2001

Примечание

С аргументом +/-бесконечность `extract` возвращает +/-бесконечность для монотонно увеличивающихся полей (`epoch`, `julian`, `year`, `isoyear`, `decade`, `century` и `millennium`). Для других полей возвращается NULL. До версии 9.6 PostgreSQL возвращал ноль для всех случаев с бесконечными аргументами.

Функция `extract` в основном предназначена для вычислительных целей. Функции форматирования даты/времени описаны в Разделе 9.8.

¹60, если операционная система поддерживает секунды координации

Функция `date_part` эмулирует традиционный для Ingres эквивалент стандартной SQL-функции `extract`:

```
date_part('поле', источник)
```

Заметьте, что здесь параметр *поле* должен быть строковым значением, а не именем. Функция `date_part` воспринимает те же поля, что и `extract`.

```
SELECT date_part('day', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат:16
```

```
SELECT date_part('hour', INTERVAL '4 hours 3 minutes');
Результат:4
```

9.9.2. date_trunc

Функция `date_trunc` работает подобно `trunc` для чисел.

```
date_trunc('поле', значение)
```

Здесь *значение* — это выражение типа `timestamp` или `interval`. (Значения типов `date` и `time` автоматически приводятся к типам `timestamp` и `interval`, соответственно.) Параметр *поле* определяет, до какой точности обрезать переданное значение. Возвращаемое значение будет иметь тип `timestamp` или `interval` и все его значения, менее значимые, чем заданное поле, будут равны нулю (или единице, если это номер дня или месяца).

Параметр *поле* может принимать следующие значения:

```
microseconds
milliseconds
second
minute
hour
day
week
month
quarter
year
decade
century
millennium
```

Примеры:

```
SELECT date_trunc('hour', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат: 2001-02-16 20:00:00
```

```
SELECT date_trunc('year', TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40');
Результат: 2001-01-01 00:00:00
```

9.9.3. AT TIME ZONE

Указание `AT TIME ZONE` позволяет переводить дату/время *без часового пояса* в дату/время *с часовым поясом* и обратно, а также пересчитывать значения *времени* для различных часовых поясов. Все разновидности этого указания проиллюстрированы в Таблице 9.31.

Таблица 9.31. Разновидности AT TIME ZONE

Выражение	Тип результата	Описание
<code>timestamp without time zone</code> <code>AT TIME ZONE часовой_пояс</code>	<code>timestamp with time zone</code>	Воспринимает заданное время без указания часового пояса как время в указанном часовом поясе

Выражение	Тип результата	Описание
timestamp with time zone AT TIME ZONE <i>часовой_пояс</i>	timestamp without time zone	Переводит данное значение timestamp с часовым поясом в другой часовой пояс, но не сохраняет информацию о нём в результате
time with time zone AT TIME ZONE <i>часовой_пояс</i>	time with time zone	Переводит данное время с часовым поясом в другой часовой пояс

В этих выражениях желаемый *часовой_пояс* можно задать либо в виде текстовой строки (например, 'America/Los_Angeles'), либо как интервал (например, INTERVAL '-08:00'). В первом случае название часового пояса можно указать любым из способов, описанных в Подразделе 8.5.3.

Примеры (в предположении, что местный часовой пояс America/Los_Angeles):

```
SELECT TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40' AT TIME ZONE 'America/Denver';
Результат: 2001-02-16 19:38:40-08
```

```
SELECT TIMESTAMP WITH TIME ZONE '2001-02-16 20:38:40-05' AT TIME ZONE 'America/Denver';
Результат: 2001-02-16 18:38:40
```

```
SELECT TIMESTAMP '2001-02-16 20:38:40-05' AT TIME ZONE 'Asia/Tokyo' AT TIME ZONE
  'America/Chicago';
Результат: 2001-02-16 05:38:40
```

В первом примере для значения, заданного без часового пояса, указывается часовой пояс и полученное время выводится в текущем часовом поясе (заданном параметром `TimeZone`). Во втором примере значение времени смещается в заданный часовой пояс и выдаётся без указания часового пояса. Этот вариант позволяет хранить и выводить значения с часовым поясом, отличным от текущего. В третьем примере время в часовом поясе Токио пересчитывается для часового пояса Чикаго. При переводе значений *времени* без даты в другие часовые пояса используются определения часовых поясов, действующие в данный момент.

Функция `timezone(часовой_пояс, время)` равнозначна SQL-совместимой конструкции `время AT TIME ZONE часовой_пояс`.

9.9.4. Текущая дата/время

PostgreSQL предоставляет набор функций, результат которых зависит от текущей даты и времени. Все следующие функции соответствуют стандарту SQL и возвращают значения, отражающие время начала текущей транзакции:

```
CURRENT_DATE
CURRENT_TIME
CURRENT_TIMESTAMP
CURRENT_TIME(точность)
CURRENT_TIMESTAMP(точность)
LOCALTIME
LOCALTIMESTAMP
LOCALTIME(точность)
LOCALTIMESTAMP(точность)
```

`CURRENT_TIME` и `CURRENT_TIMESTAMP` возвращают время с часовым поясом. В результатах `LOCALTIME` и `LOCALTIMESTAMP` нет информации о часовом поясе.

`CURRENT_TIME`, `CURRENT_TIMESTAMP`, `LOCALTIME` и `LOCALTIMESTAMP` могут принимать необязательный параметр *точности*, определяющий, до какого знака после запятой следует округлять поле секунд. Если этот параметр отсутствует, результат будет иметь максимально возможную точность.

Несколько примеров:

```
SELECT CURRENT_TIME;
```

Результат: 14:39:53.662522-05

```
SELECT CURRENT_DATE;
```

Результат: 2001-12-23

```
SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
```

Результат: 2001-12-23 14:39:53.662522-05

```
SELECT CURRENT_TIMESTAMP(2);
```

Результат: 2001-12-23 14:39:53.66-05

```
SELECT LOCALTIMESTAMP;
```

Результат: 2001-12-23 14:39:53.662522

Так как эти функции возвращают время начала текущей транзакции, во время транзакции эти значения не меняются. Это считается не ошибкой, а особенностью реализации: цель такого поведения в том, чтобы в одной транзакции «текущее» время было одинаковым и для разных изменений в одной транзакции записывалась одна отметка времени.

Примечание

В других СУБД эти значения могут изменяться чаще.

В PostgreSQL есть также функции, возвращающие время начала текущего оператора, а также текущее время в момент вызова функции. Таким образом, в PostgreSQL есть следующие функции, не описанные в стандарте SQL:

```
transaction_timestamp()
statement_timestamp()
clock_timestamp()
timeofday()
now()
```

Функция `transaction_timestamp()` равнозначна конструкции `CURRENT_TIMESTAMP`, но в её названии явно отражено, что она возвращает. Функция `statement_timestamp()` возвращает время начала текущего оператора (более точно, время получения последнего командного сообщения от клиента). Функции `statement_timestamp()` и `transaction_timestamp()` возвращают одно и то же значение в первой команде транзакции, но в последующих их показания будут расходиться. Функция `clock_timestamp()` возвращает фактическое текущее время, так что её значение меняется в рамках одной команды SQL. Функция `timeofday()` существует в PostgreSQL по историческим причинам и, подобно `clock_timestamp()`, она возвращает фактическое текущее время, но представленное в виде форматированной строки типа `text`, а не значения `timestamp with time zone`. Функция `now()` — традиционный для PostgreSQL эквивалент функции `transaction_timestamp()`.

Все типы даты/времени также принимают специальное буквальное значение `now`, подразумевающее текущую дату и время (тоже на момент начала транзакции). Таким образом, результат следующих трёх операторов будет одинаковым:

```
SELECT CURRENT_TIMESTAMP;
SELECT now();
SELECT TIMESTAMP 'now'; -- не подходит для DEFAULT
```

Подсказка

Третья форма не подходит для указания в качестве значения `DEFAULT` при создании таблицы. Система преобразует `now` в значение `timestamp` в момент разбора константы, поэтому, когда будет вставляться значение по умолчанию, в соответствующем столбце окажется время создания таблицы! Первые две формы не будут вычисляться, пока не

потребуется значение по умолчанию, так как это вызовы функции. Поэтому они дадут желаемый результат при добавлении строки в таблицу.

9.9.5. Задержка выполнения

В случае необходимости вы можете приостановить выполнение серверного процесса, используя следующие функции:

```
pg_sleep(сек)
pg_sleep_for(interval)
pg_sleep_until(timestamp with time zone)
```

Функция `pg_sleep` переводит процесс текущего сеанса в спящее состояние на указанное число секунд (*сек*). Параметр *сек* имеет тип `double precision`, так что в нём можно указать и дробное число. Функция `pg_sleep_for` введена для удобства, ей можно передать большие значения задержки в типе `interval`. А `pg_sleep_until` удобнее использовать, когда необходимо задать определённое время выхода из спящего состояния. Например:

```
SELECT pg_sleep(1.5);
SELECT pg_sleep_for('5 minutes');
SELECT pg_sleep_until('tomorrow 03:00');
```

Примечание

Действительное разрешение интервала задержки зависит от платформы; обычно это 0.01. Фактическая длительность задержки не будет меньше указанного времени, но может быть больше, в зависимости, например от нагрузки на сервер. В частности, не гарантируется, что `pg_sleep_until` проснётся именно в указанное время, но она точно не проснётся раньше.

Предупреждение

Прежде чем вызывать `pg_sleep` или её вариации, убедитесь в том, что в текущем сеансе нет ненужных блокировок. В противном случае в состоянии ожидания могут перейти и другие сеансы, так что это отразится на системе в целом.

9.10. Функции для перечислений

Для типов перечислений (описанных в Разделе 8.7) предусмотрено несколько функций, которые позволяют сделать код чище, не «зашивая» в нём конкретные значения перечисления. Эти функции перечислены в Таблице 9.32. В этих примерах подразумевается, что перечисление создано так:

```
CREATE TYPE rainbow AS ENUM ('red', 'orange', 'yellow', 'green',
    'blue', 'purple');
```

Таблица 9.32. Функции для перечислений

Функция	Описание	Пример	Результат примера
<code>enum_first(anyenum)</code>	Возвращает первое значение заданного перечисления	<code>enum_first(null::rainbow)</code>	red
<code>enum_last(anyenum)</code>	Возвращает последнее значение заданного перечисления	<code>enum_last(null::rainbow)</code>	purple
<code>enum_range(anyenum)</code>	Возвращает все значения заданного перечис-	<code>enum_range(null::rainbow)</code>	{red, orange, yellow, green, blue, purple}

Функция	Описание	Пример	Результат примера
	ления в упорядоченном массиве		
enum_range(anyenum, anyenum)	Возвращает набор значений, лежащих между двумя заданными, в виде упорядоченного массива. Эти значения должны принадлежать одному перечислению. Если первый параметр равен NULL, функция возвращает первое значение перечисления, а если NULL второй — последнее.	enum_range('orange'::rainbow, 'green'::rainbow)	{orange, yellow, green}
		enum_range(NULL, 'green'::rainbow)	{red, orange, yellow, green}
		enum_range('orange'::rainbow, NULL)	{orange, yellow, green, blue, purple}

Заметьте, что за исключением варианта `enum_range` с двумя аргументами, эти функции не обращают внимание на конкретное переданное им значение; их интересует только объявленный тип. Они возвращают один и тот же результат, когда им передаётся NULL или любое другое значение типа. Обычно эти функции применяются к столбцам таблицы или аргументам внешних функций, а не к предопределённым типам, как показано в этих примерах.

9.11. Геометрические функции и операторы

Для геометрических типов `point`, `box`, `lseg`, `line`, `path`, `polygon` и `circle` разработан большой набор встроенных функций и операторов, представленный в Таблице 9.33, Таблице 9.34 и Таблице 9.35.

Внимание

Заметьте, что оператор «идентичности», `~=`, представляет обычное сравнение на равенство значений `point`, `box`, `polygon` и `circle`. Для некоторых из этих типов определён также оператор `=`, но `=` проверяет только равенство *площадей*. Другие скалярные операторы сравнения (`<=` и т. д.) так же сравнивают площади значений этих типов.

Таблица 9.33. Геометрические операторы

Оператор	Описание	Пример
+	Сдвиг	<code>box '((0,0),(1,1))' + point '(2.0,0)'</code>
−	Сдвиг	<code>box '((0,0),(1,1))' − point '(2.0,0)'</code>
*	Масштабирование/поворот	<code>box '((0,0),(1,1))' * point '(2.0,0)'</code>
/	Масштабирование/поворот	<code>box '((0,0),(2,2))' / point '(2.0,0)'</code>
#	Точка или прямоугольник в пересечении	<code>box '((1,-1),(-1,1))' # box '((1,1),(-2,-2))'</code>
#	Число точек в пути или вершин в многоугольнике	<code># path '((1,0),(0,1),(-1,0))'</code>
@-@	Длина, периметр или длина окружности	<code>@-@ path '((0,0),(1,0))'</code>
@@	Центр	<code>@@ circle '((0,0),10)'</code>

Оператор	Описание	Пример
##	Точка, ближайшая к первому операнду и принадлежащая второму	point '(0,0)' ## lseg '((2,0),(0,2))'
<->	Расстояние между операндами	circle '((0,0),1)' <-> circle '((5,0),1)'
&&	Пересекаются ли операнды? (Для положительного ответа достаточно одной общей точки.)	box '((0,0),(1,1))' && box '((0,0),(2,2))'
<<	Строго слева?	circle '((0,0),1)' << circle '((5,0),1)'
>>	Строго справа?	circle '((5,0),1)' >> circle '((0,0),1)'
&<	Не простирается правее?	box '((0,0),(1,1))' &< box '((0,0),(2,2))'
&>	Не простирается левее?	box '((0,0),(3,3))' &> box '((0,0),(2,2))'
<<	Строго ниже?	box '((0,0),(3,3))' << box '((3,4),(5,5))'
>>	Строго выше?	box '((3,4),(5,5))' >> box '((0,0),(3,3))'
&<	Не простирается выше?	box '((0,0),(1,1))' &< box '((0,0),(2,2))'
&>	Не простирается ниже?	box '((0,0),(3,3))' &> box '((0,0),(2,2))'
<^	Ниже (может касаться)?	circle '((0,0),1)' <^ circle '((0,5),1)'
>^	Выше (может касаться)?	circle '((0,5),1)' >^ circle '((0,0),1)'
?#	Пересекает?	lseg '((-1,0),(1,0))' ? # box '((-2,-2),(2,2))'
?-	Горизонтальный объект?	?- lseg '((-1,0),(1,0))'
?-	Выводены по горизонтали?	point '(1,0)' ?- point '(0,0)'
?	Вертикальный объект?	? lseg '((-1,0),(1,0))'
?	Выводены по вертикали?	point '(0,1)' ? point '(0,0)'
?-	Перпендикулярны?	lseg '((0,0),(0,1))' ?- lseg '((0,0),(1,0))'
?	Параллельны?	lseg '((-1,0),(1,0))' ? lseg '((-1,2),(1,2))'
@>	Первый объект включает второй?	circle '((0,0),2)' @> point '(1,1)'

Оператор	Описание	Пример
<@	Первый объект включён во второй?	point '(1,1)' <@ circle '((0,0),2)'
~=	Одинаковы?	polygon '((0,0),(1,1))' ~= polygon '((1,1),(0,0))'

Примечание

До PostgreSQL 8.2 операторы включения @> и <@ назывались соответственно ~ и @. Эти имена по-прежнему доступны, но считаются устаревшими и в конце концов будут удалены.

Таблица 9.34. Геометрические функции

Функция	Тип результата	Описание	Пример
area(объект)	double precision	площадь	area(box '((0,0),(1,1))')
center(объект)	point	центр	center(box '((0,0),(1,2))')
diameter(circle)	double precision	диаметр круга	diameter(circle '((0,0),2.0)')
height(box)	double precision	вертикальный размер прямоугольника	height(box '((0,0),(1,1))')
isclosed(path)	boolean	замкнутый путь?	isclosed(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
isopen(path)	boolean	открытый путь?	isopen(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')
length(объект)	double precision	длина	length(path '((-1,0),(1,0))')
npoints(path)	int	число точек	npoints(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')
npoints(polygon)	int	число точек	npoints(polygon '((1,1),(0,0))')
pclose(path)	path	преобразует путь в замкнутый	pclose(path '[(0,0),(1,1),(2,0)]')
popen(path)	path	преобразует путь в открытый	popen(path '((0,0),(1,1),(2,0))')
radius(circle)	double precision	радиус окружности	radius(circle '((0,0),2.0)')
width(box)	double precision	горизонтальный размер прямоугольника	width(box '((0,0),(1,1))')

Таблица 9.35. Функции преобразования геометрических типов

Функция	Тип результата	Описание	Пример
<code>box(circle)</code>	<code>box</code>	окружность в прямоугольник	<code>box(circle '((0, 0), 2.0) ')</code>
<code>box(point)</code>	<code>box</code>	точка в пустой прямоугольнике	<code>box(point '(0,0) ')</code>
<code>box(point, point)</code>	<code>box</code>	точки в прямоугольнике	<code>box(point '(0,0) ', point '(1,1) ')</code>
<code>box(polygon)</code>	<code>box</code>	многоугольник в прямоугольнике	<code>box(polygon '((0, 0), (1,1), (2, 0)) ')</code>
<code>bound_box(box, box)</code>	<code>box</code>	прямоугольники в окружающий прямоугольник	<code>bound_box(box '((0, 0), (1,1)) ', box '((3,3), (4,4)) ')</code>
<code>circle(box)</code>	<code>circle</code>	прямоугольник в окружность	<code>circle(box '((0, 0), (1,1)) ')</code>
<code>circle(point, double precision)</code>	<code>circle</code>	окружность из центра и радиуса	<code>circle(point '(0, 0) ', 2.0)</code>
<code>circle(polygon)</code>	<code>circle</code>	многоугольник в окружность	<code>circle(polygon '((0, 0), (1,1), (2, 0)) ')</code>
<code>line(point, point)</code>	<code>line</code>	точки в прямую	<code>line(point '(-1, 0) ', point '(1, 0) ')</code>
<code>lseg(box)</code>	<code>lseg</code>	диагональ прямоугольника в отрезок	<code>lseg(box '((-1, 0), (1,0)) ')</code>
<code>lseg(point, point)</code>	<code>lseg</code>	точки в отрезок	<code>lseg(point '(-1, 0) ', point '(1, 0) ')</code>
<code>path(polygon)</code>	<code>path</code>	многоугольник в путь	<code>path(polygon '((0, 0), (1,1), (2, 0)) ')</code>
<code>point(double precision, double precision)</code>	<code>point</code>	образует точку	<code>point(23.4, -44.5)</code>
<code>point(box)</code>	<code>point</code>	центр прямоугольника	<code>point(box '((-1, 0), (1,0)) ')</code>
<code>point(circle)</code>	<code>point</code>	центр окружности	<code>point(circle '((0, 0), 2.0) ')</code>
<code>point(lseg)</code>	<code>point</code>	центр отрезка	<code>point(lseg '((-1, 0), (1,0)) ')</code>
<code>point(polygon)</code>	<code>point</code>	центр многоугольника	<code>point(polygon '((0, 0), (1,1), (2, 0)) ')</code>
<code>polygon(box)</code>	<code>polygon</code>	прямоугольник в многоугольник с 4 вершинами	<code>polygon(box '((0, 0), (1,1)) ')</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример
<code>polygon(circle)</code>	<code>polygon</code>	круг в многоугольник с 12 вершинами	<code>polygon(circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>polygon(число_точек, circle)</code>	<code>polygon</code>	окружность с заданным числом_точек	<code>polygon(12, circle '((0,0),2.0)')</code>
<code>polygon(path)</code>	<code>polygon</code>	путь в многоугольник	<code>polygon(path '((0,0),(1,1),(2,0))')</code>

К двум компонентам типа `point` (точка) можно обратиться, как к элементам массива с индексами 0 и 1. Например, если `t.p` — столбец типа `point`, `SELECT p[0] FROM t` вернёт координату X, а `UPDATE t SET p[1] = ...` изменит координату Y. Таким же образом, значение типа `box` или `lseg` можно воспринимать как массив двух значений типа `point`.

Функция `area` работает с типами `box`, `circle` и `path`. При этом для типа `path` заданный путь не должен быть самопересекающимся. Например, эта функция не примет значение типа `path` `'((0,0),(0,1),(2,1),(2,2),(1,2),(1,0),(0,0))'::PATH`, но примет визуально идентичный путь `'((0,0),(0,1),(1,1),(1,2),(2,2),(2,1),(1,1),(1,0),(0,0))'::PATH`. Если вы не вполне поняли, что здесь подразумевается под самопересечением пути, нарисуйте на бумаге две фигуры по приведённым координатам.

9.12. Функции и операторы для работы с сетевыми адресами

В Таблица 9.36 показаны операторы, работающие с типами `cidr` и `inet`. Операторы `<`, `<=`, `>`, `>=` и `&&` проверяют включения подсетей, рассматривая только биты сети в обоих адресах (игнорируя биты узлов) и определяя, идентична ли одна сеть другой или её подсети.

Таблица 9.36. Операторы для типов `cidr` и `inet`

Оператор	Описание	Пример
<code><</code>	меньше	<code>inet '192.168.1.5' < inet '192.168.1.6'</code>
<code><=</code>	меньше или равно	<code>inet '192.168.1.5' <= inet '192.168.1.5'</code>
<code>=</code>	равно	<code>inet '192.168.1.5' = inet '192.168.1.5'</code>
<code>>=</code>	больше или равно	<code>inet '192.168.1.5' >= inet '192.168.1.5'</code>
<code>></code>	больше	<code>inet '192.168.1.5' > inet '192.168.1.4'</code>
<code><></code>	не равно	<code>inet '192.168.1.5' <> inet '192.168.1.4'</code>
<code><<</code>	содержится в	<code>inet '192.168.1.5' << inet '192.168.1/24'</code>
<code><=<</code>	равно или содержится в	<code>inet '192.168.1/24' <=< inet '192.168.1/24'</code>
<code>>></code>	содержит	<code>inet '192.168.1/24' >> inet '192.168.1.5'</code>
<code>>=></code>	равно или содержит	<code>inet '192.168.1/24' >=> inet '192.168.1/24'</code>

Оператор	Описание	Пример
&&	содержит или содержится в	inet '192.168.1/24' && inet '192.168.1.80/28'
~	битовый NOT	~ inet '192.168.1.6'
&	битовый AND	inet '192.168.1.6' & inet '0.0.0.255'
	битовый OR	inet '192.168.1.6' inet '0.0.0.255'
+	сложение	inet '192.168.1.6' + 25
-	вычитание	inet '192.168.1.43' - 36
-	вычитание	inet '192.168.1.43' - inet '192.168.1.19'

В Таблице 9.37 перечислены функции, работающие с типами `cidr` и `inet`. Функции `abbrev`, `host` и `text` предназначены в основном для вывода данных в альтернативных форматах.

Таблица 9.37. Функции для типов `cidr` и `inet`

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>abbrev(inet)</code>	<code>text</code>	вывод адрес в кратком текстовом виде	<code>abbrev(inet '10.1.0.0/16')</code>	10.1.0.0/16
<code>abbrev(cidr)</code>	<code>text</code>	вывод адрес в кратком текстовом виде	<code>abbrev(cidr '10.1.0.0/16')</code>	10.1/16
<code>broadcast(inet)</code>	<code>inet</code>	широковещательный адрес сети	<code>broadcast('192.168.1.5/24')</code>	192.168.1.255/24
<code>family(inet)</code>	<code>int</code>	возвращает семейство адреса; 4 для адреса IPv4, 6 для IPv6	<code>family('::1')</code>	6
<code>host(inet)</code>	<code>text</code>	извлекает IP-адрес в виде текста	<code>host('192.168.1.5/24')</code>	192.168.1.5
<code>hostmask(inet)</code>	<code>inet</code>	вычисляет маску узла для сетевого адреса	<code>hostmask('192.168.23.20/30')</code>	0.0.0.3
<code>masklen(inet)</code>	<code>int</code>	выдаёт длину маски сети	<code>masklen('192.168.1.5/24')</code>	24
<code>netmask(inet)</code>	<code>inet</code>	вычисляет маску сети для сетевого адреса	<code>netmask('192.168.1.5/24')</code>	255.255.255.0
<code>network(inet)</code>	<code>cidr</code>	извлекает компонент сети из адреса	<code>network('192.168.1.5/24')</code>	192.168.1.0/24
<code>set_masklen(inet, int)</code>	<code>inet</code>	задаёт размер маски для значения <code>inet</code>	<code>set_masklen('192.168.1.5/24', 16)</code>	192.168.1.5/16

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>set_masklen(cidr, int)</code>	<code>cidr</code>	задаёт размер маски для значения <code>cidr</code>	<code>set_masklen('192.168.1.0/24':cidr, 16)</code>	<code>192.168.0.0/16</code>
<code>text(inet)</code>	<code>text</code>	выводит в текстовом виде IP-адрес и длину маски	<code>text(inet '192.168.1.5')</code>	<code>192.168.1.5/32</code>
<code>inet_same_family(inet, inet)</code>	<code>boolean</code>	адреса относятся к одному семейству?	<code>inet_same_family('192.168.1.5/24', ':::1')</code>	<code>false</code>
<code>inet_merge(inet, inet)</code>	<code>cidr</code>	наименьшая сеть, включающая обе заданные сети	<code>inet_merge('192.168.1.5/24', '192.168.2.5/24')</code>	<code>192.168.0.0/22</code>

Любое значение `cidr` можно привести к типу `inet`, явно или нет; поэтому все функции, показанные выше с типом `inet`, также будут работать со значениями `cidr`. (Некоторые из функций указаны отдельно для типов `inet` и `cidr`, потому что их поведение с разными типами различается.) Кроме того, значение `inet` тоже можно привести к типу `cidr`. При этом все биты справа от сетевой маски просто обнуляются, чтобы значение стало допустимым для типа `cidr`. К типам `inet` и `cidr` можно привести и обычные текстовые значения, используя обычный синтаксис, например: `inet (выражение)` или `столбец::cidr`.

В Таблице 9.38 приведена функция, предназначенная для работы с типом `macaddr`. Функция `trunc(macaddr)` возвращает MAC-адрес, последние 3 байта в котором равны 0. Это может быть полезно для вычисления префикса, определяющего производителя.

Таблица 9.38. Функции `macaddr`

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>trunc(macaddr)</code>	<code>macaddr</code>	обнуляет последние 3 байта	<code>trunc(macaddr '12:34:56:78:90:ab')</code>	<code>12:34:56:00:00:00</code>

Тип `macaddr` также поддерживает стандартные реляционные операторы лексической сортировки (`>`, `<=` и т. д.) и операторы битовой арифметики (`~`, `&` и `|`), соответствующие операциям NOT, AND и OR.

В Таблице 9.39 приведены функции, предназначенные для работы с типом `macaddr8`. Функция `trunc(macaddr8)` возвращает MAC-адрес, последние 5 байт в котором равны нулю. Это может быть полезно для вычисления префикса, определяющего производителя.

Таблица 9.39. Функции `macaddr8`

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>trunc(macaddr8)</code>	<code>macaddr8</code>	обнуляет последние 5 байт	<code>trunc(macaddr8 '12:34:56:78:90:ab:cd:ef')</code>	<code>12:34:56:00:00:00:00:00</code>
<code>macaddr8_set7bit(macaddr8)</code>	<code>macaddr8</code>	устанавливает в 7 бите единицу, чтобы получить так называемый модифицированный адрес EUI-64 (для включения в адрес IPv6)	<code>macaddr8_set7bit(macaddr8 '00:34:56:ab:cd:ef')</code>	<code>02:34:56:ff:fe:ab:cd:ef</code>

Тип `macaddr8` также поддерживает стандартные реляционные операторы лексической сортировки (`>`, `<=` и т. д.) и операторы битовой арифметики (`~`, `&` и `|`), соответствующие операциям NOT, AND и OR.

9.13. Функции и операторы текстового поиска

В Таблице 9.40, Таблице 9.41 и Таблице 9.42 собраны все существующие функции и операторы, предназначенные для полнотекстового поиска. Во всех деталях возможности полнотекстового поиска в PostgreSQL описаны в Главе 12.

Таблица 9.40. Операторы текстового поиска

Оператор	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>@@</code>	<code>boolean</code>	<code>tsvector</code> соответствует <code>tsquery</code> ?	<code>to_tsvector('fat cats ate rats') @@ to_tsquery('cat & rat')</code>	<code>t</code>
<code>@@@</code>	<code>boolean</code>	устаревший синоним для <code>@@</code>	<code>to_tsvector('fat cats ate rats') @@@ to_tsquery('cat & rat')</code>	<code>t</code>
<code> </code>	<code>tsvector</code>	объединяет два значения <code>tsvector</code>	<code>'a:1 b:2'::tsvector 'c:1 d:2'::tsvector</code>	<code>'a':1 'b':2,5 'c':3 'd':4</code>
<code>&&</code>	<code>tsquery</code>	логическое И (AND) двух запросов <code>tsquery</code>	<code>'fat rat'::tsquery && 'cat'::tsquery</code>	<code>('fat' 'rat') & 'cat'</code>
<code> </code>	<code>tsquery</code>	логическое ИЛИ (OR) двух запросов <code>tsquery</code>	<code>'fat rat'::tsquery 'cat'::tsquery</code>	<code>('fat' 'rat') 'cat'</code>
<code>!!</code>	<code>tsquery</code>	отрицание запроса <code>tsquery</code>	<code>!! 'cat'::tsquery</code>	<code>!'cat'</code>
<code><-></code>	<code>tsquery</code>	<code>tsquery</code> предшествует <code>tsquery</code>	<code>to_tsquery('fat') <-> to_tsquery('rat')</code>	<code>'fat' <-> 'rat'</code>
<code>@></code>	<code>boolean</code>	запрос <code>tsquery</code> включает другой?	<code>'cat'::tsquery @> 'cat & rat'::tsquery</code>	<code>f</code>
<code><@</code>	<code>boolean</code>	запрос <code>tsquery</code> включён в другой?	<code>'cat'::tsquery <@ 'cat & rat'::tsquery</code>	<code>t</code>

Примечание

Операторы включения `tsquery` рассматривают только лексемы двух запросов, игнорируя операторы их сочетания.

В дополнение к операторам, перечисленным в этой таблице, для типов `tsvector` и `tsquery` определены обычные операторы сравнения для B-дерева (`=`, `<` и т. д.). Они не очень полезны для поиска, но позволяют, в частности, создавать индексы для столбцов этих типов.

Таблица 9.41. Функции текстового поиска

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>array_to_tsvector(text[])</code>	<code>tsvector</code>	преобразует массив лексем в <code>tsvector</code>	<code>array_to_tsvector('{fat,cat,rat'}::text[])</code>	<code>'cat' 'fat' 'rat'</code>
<code>get_current_ts_config()</code>	<code>regconfig</code>	получает конфигурацию текстового поиска по умолчанию	<code>get_current_ts_config()</code>	<code>english</code>
<code>length(tsvector)</code>	<code>integer</code>	число лексем в значении <code>tsvector</code>	<code>length('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector)</code>	<code>3</code>
<code>numnode(tsquery)</code>	<code>integer</code>	число лексем и операторов в запросе <code>tsquery</code>	<code>numnode('(fat & rat) cat'::tsquery)</code>	<code>5</code>
<code>plainto_tsquery([конфигурация regconfig,] запрос text)</code>	<code>tsquery</code>	выдаёт значение <code>tsquery</code> , игнорируя пунктуацию	<code>plainto_tsquery('english', 'The Fat Rats')</code>	<code>'fat' & 'rat'</code>
<code>phraseto_tsquery([конфигурация regconfig,] запрос text)</code>	<code>tsquery</code>	выдаёт значение <code>tsquery</code> для поиска фразы, игнорируя пунктуацию	<code>phraseto_tsquery('english', 'The Fat Rats')</code>	<code>'fat' <-> 'rat'</code>
<code>websearch_to_tsquery([конфигурация regconfig,] запрос text)</code>	<code>tsquery</code>	преобразует в значение <code>tsquery</code> поисковый запрос в веб-стиле	<code>websearch_to_tsquery('english', '"fat rat" or rat')</code>	<code>'fat' <-> 'rat' 'rat'</code>
<code>querytree(запрос tsquery)</code>	<code>text</code>	получает индексруемую часть запроса <code>tsquery</code>	<code>querytree('foo & bar'::tsquery)</code>	<code>'foo'</code>
<code>setweight(вектор tsvector, вес "char")</code>	<code>tsvector</code>	назначает вес каждому элементу вектора	<code>setweight('fat:2,4 cat:3 rat:5B'::tsvector, 'A')</code>	<code>'cat':3A 'fat':2A,4A 'rat':5A</code>
<code>setweight(вектор tsvector, вес "char", лексемы text[])</code>	<code>tsvector</code>	назначает вес элементам вектора, перечисленным в массиве лексем	<code>setweight('fat:2,4 cat:3 rat:5B'::tsvector, 'A', '{cat,rat}')</code>	<code>'cat':3A 'fat':2,4 'rat':5A</code>
<code>strip(tsvector)</code>	<code>tsvector</code>	убирает позиции и веса из значения <code>tsvector</code>	<code>strip('fat:2,4 cat:3 rat:5A'::tsvector)</code>	<code>'cat' 'fat' 'rat'</code>
<code>to_tsquery([конфигурация regconfig,] запрос text)</code>	<code>tsquery</code>	нормализует слова и переводит их в <code>tsquery</code>	<code>to_tsquery('english', 'The & Fat & Rats')</code>	<code>'fat' & 'rat'</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>to_tsvector([конфигурация regconfig,] документ text)</code>	<code>tsvector</code>	сокращает текст документа до значения <code>tsvector</code>	<code>to_tsvector('english', 'The Fat Rats')</code>	<code>'fat':2 'rat':3</code>
<code>to_tsvector([конфигурация regconfig,] документ json(b))</code>	<code>tsvector</code>	сокращает каждое строковое значение в документе до значения <code>tsvector</code> , а затем складывает эти значения по порядку в документе и выдаёт один <code>tsvector</code>	<code>to_tsvector('english', '{ "a": "The Fat Rats" } '::json)</code>	<code>'fat':2 'rat':3</code>
<code>json(b)_to_tsvector([конфигурация regconfig,] документ json(b) , фильтр json(b))</code>	<code>tsvector</code>	сокращает каждое значение в документе, заданное <i>фильтром</i> , до вектора <code>tsvector</code> , а затем соединяет их в порядке следования в документе и получает один <code>tsvector</code> . <i>Фильтр</i> представляет собой массив <code>jsonb</code> , в котором перечисляются типы элементов, которые должны войти в результирующий <code>tsvector</code> . Возможные значения для элементов <i>фильтра</i> : <code>"string"</code> (включить все строковые значения), <code>"numeric"</code> (включить все числовые значения в виде строк), <code>"boolean"</code> (включить все логические значения в виде <code>"true"/"false"</code>), <code>"key"</code> (включить все ключи) или <code>"all"</code> (включить всё вышеперечисленное). Эти значения можно комбинировать для включения, например, всех строковых и	<code>json_to_tsvector('english', '{ "a": "The Fat Rats", "b": 123 } '::json, ['string', "numeric"]')</code>	<code>'123':5 'fat':2 'rat':3</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		числовых значений.		
<code>ts_delete(вектор tsvector, лексема text)</code>	tsvector	удаляет заданную лексему из вектора	<code>ts_delete('fat:2,4 cat:3 rat:5A':::tsvector, 'fat')</code>	'cat':3 'rat':5A
<code>ts_delete(вектор tsvector, лексемы text[])</code>	tsvector	удаляет все вхождения лексем, перечисленных в массиве лексемы, из вектора	<code>ts_delete('fat:2,4 cat:3 rat:5A':::tsvector, ARRAY['fat', 'rat'])</code>	'cat':3
<code>ts_filter(вектор tsvector, веса "char"[])</code>	tsvector	выбирает из вектора только элементы с заданным весом	<code>ts_filter('fat:2,4 cat:3b rat:5A':::tsvector, '{a,b}')</code>	'cat':3B 'rat':5A
<code>ts_headline([конфигурация regconfig,] документ text, запрос tsquery [, параметры text])</code>	text	выводит фрагмент, соответствующий запросу	<code>ts_headline('x y z', 'z':::tsquery)</code>	x y z
<code>ts_headline([конфигурация regconfig,] документ json(b) , запрос tsquery [, параметры text])</code>	text	выводит фрагмент, соответствующий запросу	<code>ts_headline('{ "a": "x y z" }':::json, 'z':::tsquery)</code>	{ "a": "x y z" }
<code>ts_rank([веса float4[],] вектор tsvector, запрос tsquery [, нормализация integer])</code>	float4	вычисляет ранг документа по отношению к запросу	<code>ts_rank(textsearch, query)</code>	0.818
<code>ts_rank_cd([веса float4[],] вектор tsvector, запрос tsquery [, нормализация integer])</code>	float4	вычисляет ранг документа по отношению к запросу, используя плотность покрытия (CDR)	<code>ts_rank_cd('{0.1, 0.2, 0.4, 1.0}', textsearch, query)</code>	2.01317
<code>ts_rewrite(запрос tsquery, цель tsquery, замена tsquery)</code>	tsquery	подставляет в запросе вместо цели замену	<code>ts_rewrite('a & b':::tsquery, 'a':::tsquery, 'foo bar':::tsquery)</code>	'b' & ('foo' 'bar')
<code>ts_rewrite(запрос tsquery, выборка text)</code>	tsquery	заменяет элементы запроса, выбирая цели и подстановки командой SELECT	<code>SELECT ts_rewrite('a & b':::tsquery, 'SELECT t,s FROM aliases')</code>	'b' & ('foo' 'bar')

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>tsquery_phrase(запрос1 tsquery, запрос2 tsquery)</code>	<code>tsquery</code>	создаёт запрос, который ищет <i>запрос1</i> , за которым идёт <i>запрос2</i> (как делает оператор <code><-></code>)	<code>tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'))</code>	<code>'fat' <-> 'cat'</code>
<code>tsquery_phrase(запрос1 tsquery, запрос2 tsquery, расстояние integer)</code>	<code>tsquery</code>	создаёт запрос, который ищет <i>запрос1</i> , за которым идёт <i>запрос2</i> на заданном <i>расстоянии</i>	<code>tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'), 10)</code>	<code>'fat' <10> 'cat'</code>
<code>tsvector_to_array(tsvector)</code>	<code>text[]</code>	преобразует <code>tsvector</code> в массив лексем	<code>tsvector_to_array('fat:2, 4 cat:3 rat:5A'::tsvector)</code>	<code>{cat,fat,rat}</code>
<code>tsvector_update_trigger()</code>	<code>trigger</code>	триггерная функция для автоматического изменения столбца типа <code>tsvector</code>	<code>CREATE TRIGGER ... tsvector_update_trigger(tsvcol, 'pg_catalog.swedish', title, body)</code>	
<code>tsvector_update_trigger_column()</code>	<code>trigger</code>	триггерная функция для автоматического изменения столбца типа <code>tsvector</code>	<code>CREATE TRIGGER ... tsvector_update_trigger_column(tsvcol, configcol, title, body)</code>	
<code>unnest(tsvector, OUT лексема text, OUT позиции smallint[], OUT веса text)</code>	<code>setof record</code>	разворачивает <code>tsvector</code> в набор строк	<code>unnest('fat:2, 4 cat:3 rat:5A'::tsvector)</code>	<code>(cat,{3},{D}) ...</code>

Примечание

Все функции текстового поиска, принимающие необязательный аргумент `regconfig`, будут использовать конфигурацию, указанную в параметре `default_text_search_config`, когда этот аргумент опущен.

Функции в Таблице 9.42 перечислены отдельно, так как они не очень полезны в традиционных операциях поиска. Они предназначены в основном для разработки и отладки новых конфигураций текстового поиска.

Таблица 9.42. Функции отладки текстового поиска

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
ts_debug([конфигурация regconfig,] до- кумент text, OUT псевдоним text, OUT опи- сание text, OUT фрагмент text, OUT словари regdictionary[], OUT словарь regdictionary, OUT лексемы text[])	setof record	проверяет конфи- гурацию	ts_debug('english', 'The Brightest supernovae')	(asciiword, "Word, all ASCII", The, { english_stem , english_ stem, {})) ...
ts_lexize(словарь regdictionary, фрагмент text)	text[]	проверяет словарь	ts_lexize('english_ stem', 'stars')	{star}
ts_parse(имя_ анализатора text, доку- мент text, OUT код_фрагмен- та integer, OUT фрагмент text)	setof record	проверяет анали- затор	ts_parse('default', 'foo - bar')	(1,foo) ...
ts_parse(oid_ анализатора oid, документ text, OUT код_фрагмен- та integer, OUT фрагмент text)	setof record	проверяет анали- затор	ts_parse(3722, 'foo - bar')	(1,foo) ...
ts_token_ type(имя_ анализатора text, OUT код_ фрагмента integer, OUT псевдоним text, OUT описание text)	setof record	получает типы фрагментов, опре- делённые анализа- тором	ts_token_type('default')	(1,asciiword, "Word, all ASCII") ...
ts_token_ type(oid_ анализатора oid, OUT код_фраг- мента integer, OUT псевдоним text, OUT описа- ние text)	setof record	получает типы фрагментов, опре- делённые анализа- тором	ts_token_type(3722)	(1,asciiword, "Word, all ASCII") ...
ts_stat(sql_ запрос text, [веса text,	setof record	получает стати- стику столбца tsvector	ts_stat('SELECT vector from apod')	(foo,10, 15) ...

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>] OUT СЛОВО text, OUT ЧИС- ло_док integer, OUT ЧИСЛО_ВХОЖД integer)</code>				

9.14. XML-функции

Функции и подобные им выражения, описанные в этом разделе, работают со значениями типа `xml`. Информацию о типе `xml` вы можете найти в Разделе 8.13. Выражения `xmlparse` и `xmlserialize`, преобразующие значения `xml` в текст и обратно, здесь повторно не рассматриваются. Для использования большинства этих функций дистрибутив должен быть собран с ключом `configure --with-libxml`.

9.14.1. Создание XML-контента

Для получения XML-контента из данных SQL существует целый набор функций и функциональных выражений, особенно полезных для выдачи клиентским приложениям результатов запроса в виде XML-документов.

9.14.1.1. `xmlcomment`

`xmlcomment(текст)`

Функция `xmlcomment` создаёт XML-значение, содержащее XML-комментарий с заданным текстом. Этот текст не должен содержать «--» или заканчиваться знаком «-», чтобы результирующая конструкция была допустимой в XML. Если аргумент этой функции `NULL`, результатом её тоже будет `NULL`.

Пример:

```
SELECT xmlcomment('hello');
```

```
xmlcomment
-----
<!--hello-->
```

9.14.1.2. `xmlconcat`

`xmlconcat(xml[, ...])`

Функция `xmlconcat` объединяет несколько XML-значений и выдаёт в результате один фрагмент XML-контента. Значения `NULL` отбрасываются, так что результат будет равен `NULL`, только если все аргументы равны `NULL`.

Пример:

```
SELECT xmlconcat('<abc/>', '<bar>foo</bar>');
```

```
xmlconcat
-----
<abc/><bar>foo</bar>
```

XML-объявления, если они присутствуют, обрабатываются следующим образом. Если во всех аргументах содержатся объявления одной версии XML, эта версия будет выдана в результате; в противном случае версии не будет. Если во всех аргументах определён атрибут `standalone` со значением «yes», это же значение будет выдано в результате. Если во всех аргументах есть объявление `standalone`, но минимум в одном со значением «no», в результате будет это значение. В противном

случае в результате не будет объявления standalone. Если же окажется, что в результате должно присутствовать объявление standalone, а версия не определена, тогда в результате будет выведена версия 1.0, так как XML-объявление не будет допустимым без указания версии. Указания кодировки игнорируются и будут удалены в любых случаях.

Пример:

```
SELECT xmlconcat('<?xml version="1.1"?><foo/>', '<?xml version="1.1" standalone="no"?><bar/>');
```

```

          xmlconcat
-----
<?xml version="1.1"?><foo/><bar/>

```

9.14.1.3. xmlelement

```
xmlelement(имя [, xmlattributes(значение [AS атрибут] [, ...])]
[, содержимое, ...])
```

Выражение `xmlelement` создаёт XML-элемент с заданным именем, атрибутами и содержимым.

Примеры:

```
SELECT xmlelement(name foo);
```

```

          xmlelement
-----
<foo/>

```

```
SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes('xyz' as bar));
```

```

          xmlelement
-----
<foo bar="xyz"/>

```

```
SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes(current_date as bar), 'cont', 'ent');
```

```

          xmlelement
-----
<foo bar="2007-01-26">content</foo>

```

Если имена элементов и атрибутов содержат символы, недопустимые в XML, эти символы заменяются последовательностями `_xHHHH_`, где `HHHH` — шестнадцатеричный код символа в Unicode. Например:

```
SELECT xmlelement(name "foo$bar", xmlattributes('xyz' as "a&b"));
```

```

          xmlelement
-----
<foo_x0024_bar a_x0026_b="xyz"/>

```

Если в качестве значения атрибута используется столбец таблицы, имя атрибута можно не указывать явно, этим именем станет имя столбца. Во всех остальных случаях имя атрибута должно быть определено явно. Таким образом, это выражение допустимо:

```
CREATE TABLE test (a xml, b xml);
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes(a, b)) FROM test;
```

А следующие варианты — нет:

```
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes('constant'), a, b) FROM test;
```



```
SELECT xmlelement(name test, xmlattributes(func(a, b))) FROM test;
```

Содержимое элемента, если оно задано, будет форматировано согласно его типу данных. Когда оно само имеет тип `xml`, из него можно конструировать сложные XML-документы. Например:

```
SELECT xmlelement(name foo, xmlattributes('xyz' as bar),
               xmlelement(name abc),
               xmlcomment('test'),
               xmlelement(name xyz));
```

xmlelement

```
-----
<foo bar="xyz"><abc/><!--test--><xyz/></foo>
```

Содержимое других типов будет оформлено в виде блока символьных данных XML. Это, в частности, означает, что символы `<`, `>` и `&` будут преобразованы в сущности XML. Двоичные данные (данные типа `bytea`) представляются в кодировке `base64` или в шестнадцатеричном виде, в зависимости от значения параметра `xmlbinary`. Следует ожидать, что конкретные представления отдельных типов данных могут быть изменены для приведения типов SQL и PostgreSQL в соответствие со стандартом XML Schema, когда появится его более полное описание.

9.14.1.4. xmlforest

```
xmlforest(содержимое [AS имя] [, ...])
```

Выражение `xmlforest` создаёт последовательность XML-элементов с заданными именами и содержанием.

Примеры:

```
SELECT xmlforest('abc' AS foo, 123 AS bar);
```

xmlforest

```
-----
<foo>abc</foo><bar>123</bar>
```

```
SELECT xmlforest(table_name, column_name)
FROM information_schema.columns
WHERE table_schema = 'pg_catalog';
```

xmlforest

```
-----
<table_name>pg_authid</table_name><column_name>rolname</column_name>
<table_name>pg_authid</table_name><column_name>rolsuper</column_name>
...
```

Как показано во втором примере, имя элемента можно опустить, если источником содержимого служит столбец (в этом случае именем элемента по умолчанию будет имя столбца). В противном случае это имя необходимо указывать.

Имена элементов с символами, недопустимыми для XML, преобразуются так же, как и для `xmlelement`. Данные содержимого тоже приводятся к виду, допустимому для XML (кроме данных, которые уже имеют тип `xml`).

Заметьте, что такие XML-последовательности не являются допустимыми XML-документами, если они содержат больше одного элемента на верхнем уровне, поэтому может иметь смысл вложить выражения `xmlforest` в `xmlelement`.

9.14.1.5. xmlpi

```
xmlpi(name цель [, содержимое])
```

Выражение `xmlpi` создаёт инструкцию обработки XML. Содержимое, если оно задано, не должно содержать последовательность символов `?>`.

Пример:

```
SELECT xmlpi(name php, 'echo "hello world";');
```

```

      xmlpi
-----
<?php echo "hello world";?>

```

9.14.1.6. xmlroot

```
xmlroot(xml, version текст | нет значения [, standalone yes|no|нет значения])
```

Выражение `xmlroot` изменяет свойства корневого узла XML-значения. Если в нём указывается версия, она заменяет значение в объявлении версии корневого узла; также в корневой узел переносится значение свойства `standalone`.

```
SELECT xmlroot(xmlparse(document '<?xml version="1.1"?><content>abc</content>'),
              version '1.0', standalone yes);
```

```

      xmlroot
-----
<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<content>abc</content>

```

9.14.1.7. xmlagg

```
xmlagg(xml)
```

Функция `xmlagg`, в отличие от других описанных здесь функций, является агрегатной. Она соединяет значения, поступающие на вход агрегатной функции, подобно функции `xmlconcat`, но делает это, обрабатывая множество строк, а не несколько выражений в одной строке. Дополнительно агрегатные функции описаны в Разделе 9.20.

Пример:

```
CREATE TABLE test (y int, x xml);
INSERT INTO test VALUES (1, '<foo>abc</foo>');
INSERT INTO test VALUES (2, '<bar/>');
SELECT xmlagg(x) FROM test;
```

```

      xmlagg
-----
<foo>abc</foo><bar/>

```

Чтобы задать порядок сложения элементов, в агрегатный вызов можно добавить предложение `ORDER BY`, описанное в Подраздел 4.2.7. Например:

```
SELECT xmlagg(x ORDER BY y DESC) FROM test;
```

```

      xmlagg
-----
<bar/><foo>abc</foo>

```

Следующий нестандартный подход рекомендовался в предыдущих версиях и может быть по-прежнему полезен в некоторых случаях:

```
SELECT xmlagg(x) FROM (SELECT * FROM test ORDER BY y DESC) AS tab;
```

```
-----
<bar/><foo>abc</foo>
```

9.14.2. Условия с XML

Описанные в этом разделе выражения проверяют свойства значений `xml`.

9.14.2.1. IS DOCUMENT

```
xml IS DOCUMENT
```

Выражение `IS DOCUMENT` возвращает `true`, если аргумент представляет собой правильный XML-документ, `false` в противном случае (т. е. если это фрагмент содержимого) и `NULL`, если его аргумент также `NULL`. Чем документы отличаются от фрагментов содержимого, вы можете узнать в Разделе 8.13.

9.14.2.2. IS NOT DOCUMENT

```
xml IS NOT DOCUMENT
```

Выражение `IS NOT DOCUMENT` возвращает `false`, если аргумент представляет собой правильный XML-документ, `true` в противном случае (т. е. если это фрагмент содержимого) и `NULL`, если его аргумент — `NULL`.

9.14.2.3. XMLEXISTS

```
XMLEXISTS(текст
  PASSING [BY REF] xml [BY REF])
```

Функция `xmlexists` возвращает `true`, если выражение XPath в первом аргументе возвращает какие либо узлы, и `false` — в противном случае. (Если один из аргументов равен `NULL`, результатом также будет `NULL`.)

Пример:

```
SELECT xmlexists('//town[text() = ''Toronto'']' PASSING BY REF '<towns><town>Toronto</town><town>Ottawa</town></towns>');
```

```
xmlexists
-----
t
(1 row)
```

Указания `BY REF` не несут смысловой нагрузки в PostgreSQL, но могут присутствовать для соответствия стандарту SQL и совместимости с другими реализациями. По стандарту SQL первое указание `BY REF` является обязательным, а второе — нет. Также заметьте, что, согласно стандарту SQL, конструкция `xmlexists` должна принимать в первом аргументе выражение XQuery, но PostgreSQL в настоящее время поддерживает только XPath, подмножество XQuery.

9.14.2.4. xml_is_well_formed

```
xml_is_well_formed(текст)
xml_is_well_formed_document(текст)
xml_is_well_formed_content(текст)
```

Эти функции проверяют, является ли `текст` правильно оформленным XML, и возвращают соответствующее логическое значение. Функция `xml_is_well_formed_document` проверяет аргумент как правильно оформленный документ, а `xml_is_well_formed_content` — правильно оформленное содержание. Функция `xml_is_well_formed` может делать первое или второе, в зависимости от значения параметра конфигурации `xmloption` (`DOCUMENT` или `CONTENT`, соответственно). Это значит, что

`xml_is_well_formed` помогает понять, будет ли успешным простое приведение к типу `xml`, тогда как две другие функции проверяют, будут ли успешны соответствующие варианты `XMLPARSE`.

Примеры:

```
SET xmloption TO DOCUMENT;
SELECT xml_is_well_formed('<>');
xml_is_well_formed
```

```
-----
f
(1 row)
```

```
SELECT xml_is_well_formed('<abc/>');
xml_is_well_formed
```

```
-----
t
(1 row)
```

```
SET xmloption TO CONTENT;
SELECT xml_is_well_formed('abc');
xml_is_well_formed
```

```
-----
t
(1 row)
```

```
SELECT xml_is_well_formed_document('<pg:foo xmlns:pg="http://postgresql.org/
stuff">bar</pg:foo>');
xml_is_well_formed_document
```

```
-----
t
(1 row)
```

```
SELECT xml_is_well_formed_document('<pg:foo xmlns:pg="http://postgresql.org/
stuff">bar</my:foo>');
xml_is_well_formed_document
```

```
-----
f
(1 row)
```

Последний пример показывает, что при проверке также учитываются сопоставления пространств имён.

9.14.3. Обработка XML

Для обработки значений типа `xml` в PostgreSQL представлены функции `xpath` и `xpath_exists`, вычисляющие выражения XPath 1.0, а также табличная функция `XMLTABLE`.

9.14.3.1. xpath

```
xpath(xpath, xml [, nsarray])
```

Функция `xpath` вычисляет выражение XPath (аргумент `xpath` типа `text`) для заданного `xml`. Она возвращает массив XML-значений с набором узлов, полученных в результате выражения XPath. Если выражение XPath выдаёт не набор узлов, а скалярное значение, возвращается массив из одного элемента.

Вторым аргументом должен быть правильно оформленный XML-документ. В частности, в нём должен быть единственный корневой элемент.

В необязательном третьем аргументе функции передаются сопоставления пространств имён. Эти сопоставления должны определяться в двумерном массиве типа `text`, во второй размерности ко-

торого 2 элемента (т. е. это должен быть массив массивов, состоящих из 2 элементов). В первом элементе каждого массива определяется псевдоним (префикс) пространства имён, а во втором — его URI. Псевдонимы, определённые в этом массиве, не обязательно должны совпадать с префиксами пространств имён в самом XML-документе (другими словами, для XML-документа и функции xpath псевдонимы имеют *локальный* характер).

Пример:

```
SELECT xpath('/my:a/text()', '<my:a xmlns:my="http://example.com">test</my:a>',
            ARRAY[ARRAY['my', 'http://example.com']]);
```

```

xpath
-----
{test}
(1 row)
```

Для пространства имён по умолчанию (анонимного) это выражение можно записать так:

```
SELECT xpath('//mydefns:b/text()', '<a xmlns="http://example.com"><b>test</b></a>',
            ARRAY[ARRAY['mydefns', 'http://example.com']]);
```

```

xpath
-----
{test}
(1 row)
```

9.14.3.2. xpath_exists

```
xpath_exists(xpath, xml [, nsarray])
```

Функция `xpath_exists` представляет собой специализированную форму функции `xpath`. Она возвращает не весь набор XML-узлов, удовлетворяющих выражению XPath, а только одно логическое значение, показывающее, есть ли такие узлы. Эта функция равнозначна стандартному условию `XMLEXISTS`, за исключением того, что она также поддерживает сопоставления пространств имён.

Пример:

```
SELECT xpath_exists('/my:a/text()', '<my:a xmlns:my="http://example.com">test</my:a>',
                    ARRAY[ARRAY['my', 'http://example.com']]);
```

```

xpath_exists
-----
t
(1 row)
```

9.14.3.3. xmltable

```
xmltable( [XMLNAMESPACES (URI пространства имён AS имя пространства имён[, ...]),]
          выражение_строки PASSING [BY REF] выражение_документа [BY REF]
          COLUMNS имя { type [PATH выражение_столбца] [DEFAULT выражение_по_умолчанию]
          [NOT NULL | NULL]
          | FOR ORDINALITY }
          [, ...]
        )
```

Функция `xmltable` строит таблицу из данного XML-значения по фильтру XPath, извлекающему строки, с необязательным набором определений столбцов.

Необязательное предложение `XMLNAMESPACES` задаёт разделённый запятыми список пространств имён. В нём определяются пространства имён XML и их псевдонимы. Определение пространства по умолчанию в настоящее время не поддерживается.

Обязательный аргумент *выражение_строки* задаёт выражение XPath, вычисляемое в данном XML-документе и выдающее упорядоченную последовательность XML-узлов. Эту последовательность `xmltable` преобразует в выходные строки.

В аргументе *выражение_документа* передаётся XML-документ для обработки. Предложения `BY REF` не действуют в PostgreSQL, но допускаются для соответствия стандарту SQL и совместимости с другими реализациями. Передаваемый XML-документ должен быть правильно оформленным; фрагменты/леса не принимаются.

В предложении `COLUMNS` задаётся список столбцов в выходной таблице. Если предложение `COLUMNS` опускается, строки в результирующем наборе содержат один столбец типа `xml` с данными, которые отобрало *выражение_строки*. Если `COLUMNS` присутствует, каждый его элемент описывает один столбец. Формат этого предложения показан выше в примере синтаксиса. Имя столбца и его тип должны задаваться обязательно: путь, значение по умолчанию и признак допустимости `NULL` могут опускаться.

Столбец с признаком `FOR ORDINALITY` будет заполняться номерами строк, соответствующими порядку, в котором строки находились в исходном документе XML. Признак `FOR ORDINALITY` может быть не больше чем у одного столбца.

В указании *выражение_столбца* для столбца задаётся выражение XPath, вычисляемое для каждой строки относительно результата *выражение_строки* и выдающее значение столбца. Если *выражение_столбца* отсутствует, в качестве неявного пути используется имя столбца.

Если выражение XPath для столбца выдаёт несколько элементов, происходит ошибка. Если выражению соответствует пустой элемент, результатом будет пустая строка (не `NULL`). Атрибуты `xsi:nil` при поиске игнорируются.

Значением столбца становится текстовое содержимое XML-узла, отобранного *выражением_столбца*. Несколько узлов `text()` внутри целевого элемента складываются вместе по порядку. Все дочерние элементы, инструкции обработки и комментарии игнорируются, но текстовое содержимое дочерних элементов добавляется к результату. Заметьте, что исключительно пробельные узлы `text()` между двумя не текстовыми элементами сохраняются, как не убираются и ведущие пробелы в узле `text()`.

Если выражение пути не находит элемент строки, но задано *выражение_по_умолчанию*, значением поля становится результат вычисления этого выражения. Если предложение `DEFAULT` для этого столбца отсутствует, в это поле записывается `NULL`. В *выражении_по_умолчанию* можно обращаться к значениям выходных столбцов, описанных ранее в списке столбцов, так что значение по умолчанию одного столбца можно получить из значения другого.

Столбцы могут иметь признак `NOT NULL`. Если *выражение_столбца* для столбца с признаком `NOT NULL` не соответствует ничему и при этом отсутствует указание `DEFAULT` или *выражение_по_умолчанию* также выдаёт `NULL`, происходит ошибка.

В отличие от обычных функций PostgreSQL, *выражение_столбца* и *выражение_по_умолчанию* не сводятся к единственному простому значению перед вызовом функции. Так, *выражение_столбца* обычно вычисляется ровно один раз для каждой входной строки, а *выражение_по_умолчанию* вычисляется каждый раз, когда для поля требуется значение по умолчанию. Если выражение оказывается стабильным или постоянным, повторное вычисление может не выполняться. По сути `xmltable` действует больше как подзапрос, а не как вызов функции. Это значит, что вы можете с пользой применять изменчивые функции, такие как `nextval` в *выражении_по_умолчанию*, а *выражение_столбца* может зависеть от других частей XML-документа.

Примеры:

```
CREATE TABLE xmldata AS SELECT
xml $$
```

```

<ROWS>
  <ROW id="1">
    <COUNTRY_ID>AU</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Australia</COUNTRY_NAME>
  </ROW>
  <ROW id="5">
    <COUNTRY_ID>JP</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Japan</COUNTRY_NAME>
    <PREMIER_NAME>Shinzo Abe</PREMIER_NAME>
    <SIZE unit="sq_mi">145935</SIZE>
  </ROW>
  <ROW id="6">
    <COUNTRY_ID>SG</COUNTRY_ID>
    <COUNTRY_NAME>Singapore</COUNTRY_NAME>
    <SIZE unit="sq_km">697</SIZE>
  </ROW>
</ROWS>
$$ AS data;

SELECT xmltable.*
FROM xmldata,
     XMLTABLE('/ROWS/ROW'
              PASSING data
              COLUMNS id int PATH '@id',
                      ordinality FOR ORDINALITY,
                      "COUNTRY_NAME" text,
                      country_id text PATH 'COUNTRY_ID',
                      size_sq_km float PATH 'SIZE[@unit = "sq_km"]',
                      size_other text PATH
                        'concat(SIZE[@unit!="sq_km"], " ", SIZE[@unit!="sq_km"]/'
@unit)',
                      premier_name text PATH 'PREMIER_NAME' DEFAULT 'not
specified') ;

id | ordinality | COUNTRY_NAME | country_id | size_sq_km | size_other | premier_name
---+-----+-----+-----+-----+-----+-----
1 |          1 | Australia    | AU         |             |             | not
specified
5 |          2 | Japan        | JP         |             | 145935 sq_mi | Shinzo Abe
6 |          3 | Singapore    | SG         |             | 697          |             | not
specified

```

Следующий пример иллюстрирует сложение нескольких узлов text(), использование имени столбца в качестве фильтра XPath и обработку пробельных символов, XML-комментариев и инструкций обработки:

```

CREATE TABLE xmlelements AS SELECT
xml $$
  <root>
    <element> Hello<!-- xyxxz -->2a2<?aaaaa?> <!--x--> bbb<x>xxx</x>CC </element>
  </root>
$$ AS data;

SELECT xmltable.*
FROM xmlelements, XMLTABLE('/root' PASSING data COLUMNS element text);
element
-----

```

Hello2a2 bbbCC

Следующий пример показывает, как с помощью предложения XMLNAMESPACES можно задать список пространств имён, используемых в XML-документе и в выражениях XPath:

```
WITH xmldata(data) AS (VALUES ('
<example xmlns="http://example.com/myns" xmlns:B="http://example.com/b">
  <item foo="1" B:bar="2"/>
  <item foo="3" B:bar="4"/>
  <item foo="4" B:bar="5"/>
</example>'::xml)
)
SELECT xmltable.*
  FROM XMLTABLE(XMLNAMESPACES('http://example.com/myns' AS x,
                                'http://example.com/b' AS "B"),
                '/x:example/x:item'
                PASSING (SELECT data FROM xmldata)
                COLUMNS foo int PATH '@foo',
                          bar int PATH '@B:bar');
```

foo	bar
1	2
3	4
4	5

(3 rows)

9.14.4. Отображение таблиц в XML

Следующие функции отображают содержимое реляционных таблиц в значения XML. Их можно рассматривать как средства экспорта в XML:

```
table_to_xml(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
query_to_xml(query text, nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
cursor_to_xml(cursor refcursor, count int, nulls boolean,
               tableforest boolean, targetns text)
```

Результат всех этих функций имеет тип xml.

`table_to_xml` отображает в xml содержимое таблицы, имя которой задаётся в параметре `tbl`. Тип `regclass` принимает идентификаторы строк в обычной записи, которые могут содержать указание схемы и кавычки. Функция `query_to_xml` выполняет запрос, текст которого передаётся в параметре `query`, и отображает в xml результирующий набор. Последняя функция, `cursor_to_xml` выбирает указанное число строк из курсора, переданного в параметре `cursor`. Этот вариант рекомендуется использовать с большими таблицами, так как все эти функции создают результирующий xml в памяти.

Если параметр `tableforest` имеет значение false, результирующий XML-документ выглядит так:

```
<имя_таблицы>
  <row>
    <имя_столбца1> данные </имя_столбца1>
    <имя_столбца2> данные </имя_столбца2>
  </row>

  <row>
    ...
  </row>

  ...
</имя_таблицы>
```


А если *tableforest* равен *true*, в результате будет выведен следующий фрагмент XML:

```
<имя_таблицы>
  <имя_столбца1> данные </имя_столбца1>
  <имя_столбца2> данные </имя_столбца2>
</имя_таблицы>

<имя_таблицы>
  ...
</имя_таблицы>

...
```

Если имя таблицы неизвестно, например, при отображении результатов запроса или курсора, вместо него в первом случае вставляется *table*, а во втором — *row*.

Выбор между этими форматами остаётся за пользователем. Первый вариант позволяет создать готовый XML-документ, что может быть полезно для многих приложений, а второй удобно применять с функцией *cursor_to_xml*, если её результаты будут собираться в документ позже. Полученный результат можно изменить по вкусу с помощью рассмотренных выше функций создания XML-содержимого, в частности *xmlelement*.

Значения данных эти функции отображают так же, как и ранее описанная функция *xmlelement*.

Параметр *nulls* определяет, нужно ли включать в результат значения NULL. Если он установлен, значения NULL в столбцах представляются так:

```
<имя_столбца xsi:nil="true"/>
```

Здесь *xsi* — префикс пространства имён XML Schema Instance. При этом в результирующий XML будет добавлено соответствующее объявление пространства имён. Если же данный параметр равен *false*, столбцы со значениями NULL просто не будут выводиться.

Параметр *targetns* определяет целевое пространство имён для результирующего XML. Если пространство имён не нужно, значением этого параметра должна быть пустая строка.

Следующие функции выдают документы XML Schema, которые содержат схемы отображений, выполняемых соответствующими ранее рассмотренными функциями:

```
table_to_xmlschema(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
query_to_xmlschema(query text, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
cursor_to_xmlschema(cursor refcursor, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
```

Чтобы результаты отображения данных в XML соответствовали XML-схемам, важно, чтобы паре функций передавались одинаковые параметры.

Следующие функции выдают отображение данных в XML и соответствующую XML-схему в одном документе (или фрагменте), объединяя их вместе. Это может быть полезно там, где желательно получить самодостаточные результаты с описанием:

```
table_to_xml_and_xmlschema(tbl regclass, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
query_to_xml_and_xmlschema(query text, nulls boolean, tableforest boolean,
  targetns text)
```

В дополнение к ним есть следующие функции, способные выдать аналогичные представления для целых схем в базе данных или даже всей текущей базы данных:

```
schema_to_xml(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
```

```

    targetns text)
schema_to_xmlschema(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
    targetns text)
schema_to_xml_and_xmlschema(schema name, nulls boolean, tableforest boolean,
    targetns text)

database_to_xml(nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
database_to_xmlschema(nulls boolean, tableforest boolean, targetns text)
database_to_xml_and_xmlschema(nulls boolean, tableforest boolean,
    targetns text)

```

Заметьте, что объём таких данных может быть очень большим, а XML будет создаваться в памяти. Поэтому, вместо того, чтобы пытаться отобразить в XML сразу всё содержимое больших схем или баз данных, лучше делать это по таблицам, возможно даже используя курсор.

Результат отображения содержимого схемы будет выглядеть так:

```

<имя_схемы>

отображение-таблицы1

отображение-таблицы2

...

</имя_схемы>

```

Формат отображения таблицы определяется параметром *tableforest*, описанным выше.

Результат отображения содержимого базы данных будет таким:

```

<имя_схемы>

<имя_схемы1>
    ...
</имя_схемы1>

<имя_схемы2>
    ...
</имя_схемы2>

...

</имя_схемы>

```

Здесь отображение схемы имеет вид, показанный выше.

В качестве примера, иллюстрирующего использование результата этих функций, на Рисунке 9.1 показано XSLT-преобразование, которое переводит результат функции *table_to_xml_and_xmlschema* в HTML-документ, содержащий таблицу с данными. Подобным образом результаты этих функций можно преобразовать и в другие форматы на базе XML.

Рисунок 9.1. XSLT-преобразование, переводящее результат SQL/XML в формат HTML

```
<?xml version="1.0"?>
<xsl:stylesheet version="1.0"
  xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml"
>

  <xsl:output method="xml"
    doctype-system="http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd"
    doctype-public="-//W3C/DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
    indent="yes"/>

  <xsl:template match="/*">
    <xsl:variable name="schema" select="//xsd:schema"/>
    <xsl:variable name="tabletypename"
      select="$schema/xsd:element[@name=name(current())]/@type"/>
    <xsl:variable name="rowtypename"
      select="$schema/xsd:complexType[@name=$tabletypename]/xsd:sequence/
xsd:element[@name='row']/@type"/>

    <html>
      <head>
        <title><xsl:value-of select="name(current())"/></title>
      </head>
      <body>
        <table>
          <tr>
            <xsl:for-each select="$schema/xsd:complexType[@name=$rowtypename]/
xsd:sequence/xsd:element/@name">
              <th><xsl:value-of select="."/></th>
            </xsl:for-each>
          </tr>

          <xsl:for-each select="row">
            <tr>
              <xsl:for-each select="*">
                <td><xsl:value-of select="."/></td>
              </xsl:for-each>
            </tr>
          </xsl:for-each>
        </table>
      </body>
    </html>
  </xsl:template>

</xsl:stylesheet>
```

9.15. Функции и операторы JSON

В Таблице 9.43 перечислены функции, позволяющие создавать данные в формате JSON (см. Раздел 8.14).

Таблица 9.43. Операторы для типов json и jsonb

Оператор	Тип правого операнда	Описание	Пример	Результат примера
->	int	Выдаёт элемент массива JSON (по номеру от 0, отрицательные числа задают позиции с конца)	'[{"a":"foo"}, {"b":"bar"}, {"c":"baz"}]':::json->2	{"c":"baz"}
->	text	Выдаёт поле объекта JSON по ключу	'{"a": {"b":"foo"}}':::json->'a'	{"b":"foo"}
->>	int	Выдаёт элемент массива JSON в типе text	'[1,2,3]':::json->>2	3
->>	text	Выдаёт поле объекта JSON в типе text	'{"a":1, "b":2}':::json->>'b'	2
#>	text[]	Выдаёт объект JSON по заданному пути	'{"a": {"b": {"c": "foo"}}, {"c": "foo"}}':::json#>'a,b'	{"c": "foo"}
#>>	text[]	Выдаёт объект JSON по заданному пути в типе text	'{"a":[1,2,3], "b":[4,5,6]}':::json#>>'a,2'	3

Примечание

Эти операторы существуют в двух вариациях для типов json и jsonb. Операторы извлечения поля/элемента/пути возвращают тот же тип, что у операнда слева (json или jsonb), за исключением тех, что возвращают тип text (они возвращают значение как текстовое). Если входные данные JSON не содержат структуры, удовлетворяющей запросу, например в них нет искомого элемента, то операторы извлечения поля/элемента/пути не выдают ошибку, а возвращают NULL. Все операторы извлечения поля/элемента/пути, принимающие целочисленные позиции в массивах JSON, поддерживают и отсчёт от конца массива по отрицательной позиции.

Стандартные операторы сравнения, приведённые в Таблице 9.1, есть для типа jsonb, но не для json. Они следуют правилам сортировки для операций В-дерева, описанным в Подразделе 8.14.4.

Некоторые из следующих операторов существуют только для jsonb, как показано в Таблице 9.44. Многие из этих операторов могут быть проиндексированы с помощью классов операторов jsonb. Полное описание проверок на вхождение и существование для jsonb приведено в Подразделе 8.14.3. Как эти операторы могут использоваться для эффективного индексирования данных jsonb, описано в Подразделе 8.14.4.

Таблица 9.44. Дополнительные операторы jsonb

Оператор	Тип правого операнда	Описание	Пример
@>	jsonb	Левое значение JSON содержит на верхнем	'{"a":1, "b":2}':::jsonb @>'{"b":2}':::jsonb

Оператор	Тип правого операнда	Описание	Пример
		уровне путь/значение JSON справа?	
<@	jsonb	Путь/значение JSON слева содержится на верхнем уровне в правом значении JSON?	'{"b":2}':::jsonb <@ '{"a":1, "b":2}':::jsonb
?	text	Присутствует ли строка в качестве ключа верхнего уровня в значении JSON?	'{"a":1, "b":2}':::jsonb ? 'b'
?	text[]	Какие-либо строки массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня?	'{"a":1, "b":2, "c":3}':::jsonb ? array['b', 'c']
?&	text[]	Все строки массива присутствуют в качестве ключей верхнего уровня?	'{"a", "b"}':::jsonb ?& array['a', 'b']
	jsonb	Соединяет два значения jsonb в новое значение jsonb	'{"a", "b"}':::jsonb '{"c", "d"}':::jsonb
-	text	Удаляет пару ключ/значение или элемент-строку из левого операнда. Пары ключ/значение выбираются по значению ключа.	'{"a": "b"}':::jsonb - 'a'
-	text[]	Удаляет множество пар ключ/значение или элементы-строки из левого операнда. Пары ключ/значение выбираются по значению ключа.	'{"a": "b", "c": "d"}':::jsonb - '{a, c}':::text[]
-	integer	Удаляет из массива элемент в заданной позиции (отрицательные номера позиций отсчитываются от конца). Выдаёт ошибку, если контейнер верхнего уровня — не массив.	'{"a", "b"}':::jsonb - 1
#-	text[]	Удаляет поле или элемент с заданным путём (для массивов JSON отрицательные номера позиций отсчитываются от конца)	'{"a", {"b":1}}':::jsonb #- '{1,b}'

Примечание

Оператор `||` соединяет элементы верхнего уровня обоих операндов. Вложенность при этом не учитывается. Например, если оба операнда содержат поле с одноимённым ключом, значением поля в результате будет значение, взятое из правого операнда.

В Таблице 9.45 показаны функции, позволяющие создавать значения типов `json` и `jsonb`. (Для типа `jsonb` нет аналогов функций `row_to_json` и `array_to_json`, но практически тот же результат можно получить с помощью `to_jsonb`.)

Таблица 9.45. Функции для создания JSON

Функция	Описание	Пример	Результат примера
<code>to_json(anyelement)</code> <code>to_jsonb(anyelement)</code>	Возвращает значение в виде <code>json</code> или <code>jsonb</code> . Массивы и составные структуры преобразуются (рекурсивно) в массивы и объекты; для других типов, для которых определено приведение к <code>json</code> , применяется эта функция приведения, а для всех остальных выдаётся скалярное значение. Значения всех скалярных типов, кроме числового, логического и <code>NULL</code> , представляются в текстовом виде, в стиле, допустимом для значений <code>json</code> или <code>jsonb</code> .	<code>to_json('Fred said "Hi."'::text)</code>	<code>"Fred said \"Hi.\""</code>
<code>array_to_json(anyarray [, pretty_bool])</code>	Возвращает массив в виде массива JSON. Многомерный массив PostgreSQL становится массивом массивов JSON. Если параметр <code>pretty_bool</code> равен <code>true</code> , между элементами 1-ой размерности вставляются разрывы строк.	<code>array_to_json('{{1,5},{99,100}}'::int[])</code>	<code>[[1,5],[99,100]]</code>
<code>row_to_json(record [, pretty_bool])</code>	Возвращает кортеж в виде объекта JSON. Если параметр <code>pretty_bool</code> равен <code>true</code> , между элементами 1-ой размерности вставляются разрывы строк.	<code>row_to_json(row(1, 'foo'))</code>	<code>{"f1":1, "f2":"foo"}</code>
<code>json_build_array(VARIADIC "any")</code>	Формирует массив JSON (возможно, разнородный) из переменного списка аргументов.	<code>json_build_array(1,2, '3',4,5)</code>	<code>[1, 2, "3", 4, 5]</code>

Функция	Описание	Пример	Результат примера
<code>jsonb_build_array(VARIADIC "any")</code>			
<code>json_build_object(VARIADIC "any")</code> <code>jsonb_build_object(VARIADIC "any")</code>	Формирует объект JSON из переменного списка аргументов. По соглашению в этом списке перечисляются по очереди ключи и значения.	<code>json_build_object('foo',1,'bar',2)</code>	<code>{"foo": 1, "bar": 2}</code>
<code>json_object(text[])</code> <code>jsonb_object(text[])</code>	Формирует объект JSON из текстового массива. Этот массив должен иметь либо одну размерность с чётным числом элементов (в этом случае они воспринимаются как чередующиеся ключи/значения), либо две размерности и при этом каждый внутренний массив содержит ровно два элемента, которые воспринимаются как пара ключ/значение.	<code>json_object('{a, 1, b, "def", c, 3.5}')</code> <code>json_object('{{a, 1},{b, "def"}, {c, 3.5}}')</code>	<code>{"a": "1", "b": "def", "c": "3.5"}</code>
<code>json_object(keys text[], values text[])</code> <code>jsonb_object(keys text[], values text[])</code>	Эта форма <code>json_object</code> принимает ключи и значения по парам из двух отдельных массивов. Во всех остальных отношениях она не отличается от формы с одним аргументом.	<code>json_object('{a, b}', '{1,2}')</code>	<code>{"a": "1", "b": "2"}</code>

Примечание

Функции `array_to_json` и `row_to_json` подобны `to_json`, но предлагают возможность улучшенного вывода. Действие `to_json`, описанное выше, распространяется на каждое отдельное значение, преобразуемое этими функциями.

Примечание

В расширении `hstore` определено преобразование из `hstore` в `json`, так что значения `hstore`, преобразуемые функциями создания JSON, будут представлены в виде объектов JSON, а не как примитивные строковые значения.

В Таблице 9.46 показаны функции, предназначенные для работы со значениями `json` и `jsonb`.

Таблица 9.46. Функции для обработки JSON

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат примера									
<code>json_array_length(json)</code> <code>jsonb_array_length(jsonb)</code>	int	Возвращает число элементов во внешнем массиве JSON.	<code>json_array_length('[1,2,3,{"f1":1,"f2":[5,6]},4]')</code>	5									
<code>json_each(json)</code> <code>jsonb_each(jsonb)</code>	<code>setof key text, value json</code> <code>setof key text, value jsonb</code>	Разворачивает внешний объект JSON в набор пар ключ/значение (key/value).	<code>select * from json_each('{"a":"foo", "b":"bar"}')</code>	<table><thead><tr><th>key</th><th>value</th></tr></thead><tbody><tr><td>a</td><td>"foo"</td></tr><tr><td>b</td><td>"bar"</td></tr></tbody></table>	key	value	a	"foo"	b	"bar"			
key	value												
a	"foo"												
b	"bar"												
<code>json_each_text(json)</code> <code>jsonb_each_text(jsonb)</code>	<code>setof key text, value text</code>	Разворачивает внешний объект JSON в набор пар ключ/значение (key/value). Возвращаемые значения будут иметь тип text.	<code>select * from json_each_text('{"a":"foo", "b":"bar"}')</code>	<table><thead><tr><th>key</th><th>value</th></tr></thead><tbody><tr><td>a</td><td>foo</td></tr><tr><td>b</td><td>bar</td></tr></tbody></table>	key	value	a	foo	b	bar			
key	value												
a	foo												
b	bar												
<code>json_extract_path(from_json json, VARIADIC path_elems text[])</code> <code>jsonb_extract_path(from_json jsonb, VARIADIC path_elems text[])</code>	<code>json</code> <code>jsonb</code>	Возвращает значение JSON по пути, заданному элементами пути (<i>path_elems</i>) (равнозначен оператору <code>#> operator</code>).	<code>json_extract_path('{"f2":{"f3":1,"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4')</code>	<code>{"f5":99, "f6":"foo"}</code>									
<code>json_extract_path_text(from_json json, VARIADIC path_elems text[])</code> <code>jsonb_extract_path_text(from_json jsonb, VARIADIC path_elems text[])</code>	text	Возвращает значение JSON по пути, заданному элементами пути <i>path_elems</i> , как text (равнозначен оператору <code>#>></code>).	<code>json_extract_path_text('{"f2":{"f3":1,"f4":{"f5":99,"f6":"foo"}}', 'f4', 'f6')</code>	foo									
<code>json_object_keys(json)</code> <code>jsonb_object_keys(jsonb)</code>	setof text	Возвращает набор ключей во внешнем объекте JSON.	<code>json_object_keys('{"f1":"abc", "f2":{"f3":"a", "f4":"b"}}')</code>	<table><thead><tr><th>json_object_keys</th></tr></thead><tbody><tr><td>f1</td></tr><tr><td>f2</td></tr></tbody></table>	json_object_keys	f1	f2						
json_object_keys													
f1													
f2													
<code>json_populate_record(base anyelement, from_json json)</code>	anyelement	Разворачивает объект из <i>from_json</i> в таблицную строку, в которой столбцы со-	<code>select * from json_populate_record(null::myrowtype,</code>	<table><thead><tr><th>a</th><th>b</th><th>c</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="3">-----</td></tr><tr><td colspan="3">+-----</td></tr></tbody></table>	a	b	c	-----			+-----		
a	b	c											

+-----													

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат примера
<code>jsonb_populate_record(base anyelement, from_json jsonb)</code>		ответствуют типу строки, заданному параметром <i>base</i> (см. примечания ниже).	<code>'{"a": 1, "b": ["2", "a b"], "c": {"d": 4, "e": "a b c"} }'</code>	<code>1 {2, "a b"} (4, "a b c")</code>
<code>json_populate_recordset(base anyelement, from_json json)</code> <code>jsonb_populate_recordset(base anyelement, from_json jsonb)</code>	<code>setof anyelement</code>	Разворачивает внешний массив объектов из <i>from_json</i> в набор табличных строк, в котором столбцы соответствуют типу строки, заданному параметром <i>base</i> (см. примечания ниже).	<code>select * from json_populate_recordset(null::myrowtype, ' [{"a":1, "b":2}, {"a":3, "b":4}] '</code>	<code>a b ---- 1 2 3 4</code>
<code>json_array_elements(json)</code> <code>jsonb_array_elements(jsonb)</code>	<code>setof json</code> <code>setof jsonb</code>	Разворачивает массив JSON в набор значений JSON.	<code>select * from json_array_elements('[1, true, [2, false]]')</code>	<code>value ----- 1 true [2, false]</code>
<code>json_array_elements_text(json)</code> <code>jsonb_array_elements_text(jsonb)</code>	<code>setof text</code>	Разворачивает массив JSON в набор значений text.	<code>select * from json_array_elements_text('["foo", "bar"]')</code>	<code>value ----- foo bar</code>
<code>json_typeof(json)</code> <code>jsonb_typeof(jsonb)</code>	<code>text</code>	Возвращает тип внешнего значения JSON в виде текстовой строки. Возможные типы: <code>object</code> , <code>array</code> , <code>string</code> , <code>number</code> , <code>boolean</code> и <code>null</code> .	<code>json_typeof('-123.4')</code>	<code>number</code>
<code>json_to_record(json)</code> <code>jsonb_to_record(jsonb)</code>	<code>record</code>	Формирует обычную запись из объекта JSON (см. примечания ниже). Как и со всеми функциями, возвращающими <code>record</code> , при вызове необходимо явно определить структуру записи с помощью предложения <code>AS</code> .	<code>select * from json_to_record('{"a":1, "b":[1,2,3], "c":[1,2,3], "e":"bar", "r":{"a": 123, "b": "a b c"} }') as x(a int, b text, c int[], d text, r myrowtype)</code>	<code>a b c d r ----- +-----+--- +-----+--- 1 [1,2,3] {1,2,3} (123, "a b c")</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат примера
<code>json_to_recordset(json)</code> <code>jsonb_to_recordset(jsonb)</code>	setof record	Формирует обычный набор записей из массива объекта JSON (см. примечания ниже). Как и со всеми функциями, возвращающими record, при вызове необходимо явно определить структуру записи с помощью предложения AS.	<pre>select * from json_to_recordset('[{ "a":1, "b":"foo"}, { "a":2, "c":"bar"}]') as x(a int, b text);</pre>	<pre>a b ---+----- 1 foo 2 </pre>
<code>json_strip_nulls(from_ json json)</code> <code>jsonb_strip_nulls(from_ json jsonb)</code>	json jsonb	Возвращает значение <i>from_json</i> , из которого исключаются все поля объекта, содержащие значения NULL. Другие значения NULL остаются нетронутыми.	<code>json_strip_nulls('[{ "f1":1, "f2":null},2,null,3]')</code>	<pre>[{"f1":1},2, null,3]</pre>
<code>jsonb_set(target jsonb, path text[], new_value jsonb[, create_ missing boolean])</code>	jsonb	Возвращает значение <i>target</i> , в котором раздел с заданным путём (<i>path</i>) заменяется новым значением (<i>new_value</i>), либо в него добавляется значение <i>new_value</i> , если аргумент <i>create_missing</i> равен true (это значение по умолчанию) и элемент, на который ссылается <i>path</i> , не существует. Как и с операторами, рассчитанными на пути, отрицательные числа в пути (<i>path</i>) обозначают отсчёт от конца массивов JSON.	<code>jsonb_set('[{ "f1":1, "f2":null},2,null,3]', '{0,f1}', '[2,3,4]', false)</code> <code>jsonb_set('[{ "f1":1, "f2":null},2]', '{0,f3}', '[2,3,4]')</code>	<pre>[{"f1":[2,3,4],"f2":null}, 2,null,3]</pre> <pre>[{"f1": 1, "f2": null, "f3": [2, 3, 4]}, 2]</pre>
<code>jsonb_insert(target jsonb, path text[], new_value</code>	jsonb	Возвращает значение <i>target</i> с вставленным в него новым значением	<code>jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a,</code>	<pre>{"a": [0, "new_ value", 1, 2]}</pre>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат примера
<code>jsonb, [insert_after boolean])</code>		<i>new_value</i> . Если место в <i>target</i> , выбранное путём <i>path</i> , оказывается в массиве JSONB, <i>new_value</i> будет вставлен до (по умолчанию) или после (если параметр <i>insert_after</i> равен true) выбранной позиции. Если место в <i>target</i> , выбранное путём <i>path</i> , оказывается в объекте JSONB, значение <i>new_value</i> будет вставлено в него, только если заданный путь <i>path</i> не существует. Как и с операторами, рассчитанными на пути, отрицательные числа в пути (<i>path</i>) обозначают отсчёт от конца массивов JSON.	<code>1}', 'new_value')</code> <code>jsonb_insert('{"a": [0,1,2]}', '{a,1}', 'new_value', true)</code>	<code>{"a": [0, 1, "new_value", 2]}</code>
<code>jsonb_pretty(from_json jsonb)</code>	text	Возвращает значение <i>from_json</i> в виде текста JSON с отступами.	<code>jsonb_pretty(' [{"f1":1, "f2":null},2,null,3]')</code>	<pre>[{ "f1": 1, "f2": null }, 2, null, 3]</pre>

Примечание

Многие из этих функций и операторов преобразуют спецпоследовательности Unicode в JSON-строках в соответствующие одиночные символы. Для входных данных типа `jsonb` это ничем не грозит, так как преобразование уже выполнено; однако для типа `json` в результате может произойти ошибка, как отмечено в Разделе 8.14.

Примечание

Хотя в примерах использования функций `json_populate_record`, `json_populate_recordset`, `json_to_record` и `json_to_recordset` применяются константы, обычно эти функции обращаются к таблицам в предложении FROM, а в качестве

аргумента указывается один из столбцов типа `json` или `jsonb`. Извлечённые значения затем могут использоваться в других частях запроса, например, в предложениях `WHERE` и результирующих списках. Извлекая множество значений подобным образом, можно значительно увеличить производительность по сравнению с использованием операторов, работающих с отдельными ключами.

Ключи JSON сопоставляются с идентичными именами столбцов в целевом типе записей. Приведение типов JSON для этих функций выполняется «насколько это возможно», и его результаты могут быть не вполне ожидаемыми для некоторых типов. Поля JSON, отсутствующие в целевом типе, в выходные данные не попадают, а целевые столбцы, для которых нет соответствующих полей JSON, будут просто содержать `NULL`.

Примечание

В `target` должны присутствовать все элементы пути, заданного параметром `path` функций `jsonb_set` и `jsonb_insert`, за исключением последнего. Если `create_missing` равен `false`, должны присутствовать абсолютно все элементы пути `path`, переданного функции `jsonb_set`. Если это условие не выполняется, значение `target` возвращается неизменённым.

Если последним элементом пути оказывается ключ объекта, он будет создан в случае отсутствия и получит новое значение. Если последний элемент пути — позиция в массиве, то когда она положительна, целевой элемент отсчитывается слева, а когда отрицательна — справа, то есть `-1` указывает на самый правый элемент и т. д. Если позиция лежит вне диапазона `-длина_массива .. длина_массива -1`, и параметр `create_missing` равен `true`, новое значение добавляется в начало массива, если позиция отрицательна, и в конец, если положительна.

Примечание

Значение `null`, возвращаемое функцией `json_typeof`, не следует путать с SQL `NULL`. Тогда как при вызове `json_typeof('null'::json)` возвращается `null`, при вызове `json_typeof(NULL::json)` будет возвращено значение SQL `NULL`.

Примечание

Если аргумент функции `json_strip_nulls` содержит повторяющиеся имена полей в любом объекте, в результате могут проявиться семантические различия, в зависимости от порядка этих полей. Это не проблема для функции `jsonb_strip_nulls`, так как в значениях `jsonb` имена полей не могут дублироваться.

В Разделе 9.20 вы также можете узнать об агрегатной функции `json_agg`, которая агрегирует значения записи в виде JSON, и агрегатной функции `json_object_agg`, агрегирующей пары значений в объект JSON, а также их аналогах для `jsonb`, функциях `jsonb_agg` и `jsonb_object_agg`.

9.16. Функции для работы с последовательностями

В этом разделе описаны функции для работы с объектами, представляющими *последовательности*. Такие объекты (также называемыми генераторами последовательностей или просто последовательностями) являются специальными таблицами из одной строки и создаются командой `CREATE SEQUENCE`. Используются они обычно для получения уникальных идентификаторов строк таблицы. Функции, перечисленные в Таблице 9.47, предоставляют простые и безопасные для параллельного использования методы получения очередных значений таких последовательностей.

Таблица 9.47. Функции для работы с последовательностями

Функция	Тип результата	Описание
<code>currval(regclass)</code>	<code>bigint</code>	Выдаёт значение заданной последовательности, которое было возвращено при последнем вызове функции <code>nextval</code>
<code>lastval()</code>	<code>bigint</code>	Выдаёт значение любой последовательности, которое было возвращено при последнем вызове функции <code>nextval</code>
<code>nextval(regclass)</code>	<code>bigint</code>	Продвигает последовательность к следующему значению и возвращает его
<code>setval(regclass, bigint)</code>	<code>bigint</code>	Устанавливает текущее значение последовательности
<code>setval(regclass, bigint, boolean)</code>	<code>bigint</code>	Устанавливает текущее значение последовательности и флаг <code>is_called</code> , указывающий на то, что это значение использовалось

Последовательность, к которой будет обращаться одна из этих функций, определяется аргументом `regclass`, задающим просто OID последовательности в системном каталоге `pg_class`. Вычислять этот OID вручную не нужно, так как процедура ввода данных `regclass` автоматически выполнит эту работу за вас. Просто запишите имя последовательности в апострофах, чтобы оно выглядело как строковая константа. Для совместимости с обычными именами SQL эта строка будет переведена в нижний регистр, если только она не заключена в кавычки. Например:

```
nextval('foo')           обращается к последовательности foo
nextval('FOO')           обращается к последовательности foo
nextval('"Foo"')         обращается к последовательности Foo
```

При необходимости имя последовательности можно дополнить именем схемы:

```
nextval('myschema.foo')  обращается к myschema.foo
nextval('"myschema".foo') то же самое
nextval('foo')           ищет foo в пути поиска
```

Подробнее тип `regclass` описан в Разделе 8.19.

Примечание

В PostgreSQL до версии 8.1 аргументы этих функций имели тип `text`, а не `regclass`, и поэтому описанное выше преобразование текстовой строки в OID имело место при каждом вызове функции. Это поведение сохраняется и сейчас для обратной совместимости, но сейчас оно реализовано как неявное приведение типа `text` к типу `regclass` перед вызовом функции.

Когда вы записываете аргумент функции, работающей с последовательностью, как текстовую строку в чистом виде, она становится константой типа `regclass`. Так как фактически это будет просто значение OID, оно будет привязано к изначально идентифицированной последовательности, несмотря на то, что она может быть переименована, перенесена в другую схему и т. д. Такое «раннее связывание» обычно желательно для ссылок на последовательности в значениях столбцов по умолчанию и представлениях. Но иногда возникает необходимость в «позднем связывании», когда ссылки на последовательности распознаются в процессе выполнения. Чтобы получить такое поведение, нужно принудительно изменить тип константы с `regclass` на `text`:

```
nextval('foo'::text)     foo распознаётся во время выполнения
```

Заметьте, что версии PostgreSQL до 8.1 поддерживали только позднее связывание, так что это может быть полезно и для совместимости со старыми приложениями.

Конечно же, аргументом таких функций может быть не только константа, но и выражение. Если это выражение текстового типа, неявное приведение типов повлечёт разрешение имени во время выполнения.

Ниже описаны все функции, предназначенные для работы с последовательностями:

`nextval`

Продвигает последовательность к следующему значению и возвращает его. Это атомарная операция: если `nextval` вызывается одновременно в нескольких сеансах, в результате каждого вызова будут гарантированно получены разные значения.

Если последовательность создаётся с параметрами по умолчанию, успешные вызовы `nextval` получают очередные значения по возрастанию, начиная с 1. Другое поведение можно получить с помощью специальных параметров в команде `CREATE SEQUENCE`; подробнее это описано на странице описания команды.

Важно

Во избежание блокирования параллельных транзакций, пытающихся получить значения одной последовательности, операция `nextval` никогда не откатывается; то есть, как только значение было выбрано, оно считается использованным и не будет возвращено снова. Это утверждение верно, даже когда окружающая транзакция впоследствии прерывается или вызывающий запрос никак не использует это значение. Например, команда `INSERT` с предложением `ON CONFLICT` вычислит кортеж, претендующий на добавление, произведя все требуемые вызовы `nextval`, прежде чем выявит конфликты, которые могут привести к отработке правил `ON CONFLICT` вместо добавления. В таких ситуациях в последовательности задействованных значений могут образовываться «дыры». Таким образом, объекты последовательностей PostgreSQL *не годятся для получения непрерывных последовательностей*.

Этой функции требуется право `USAGE` или `UPDATE` для последовательности.

`currval`

Возвращает значение, выданное при последнем вызове `nextval` для этой последовательности в текущем сеансе. (Если в данном сеансе `nextval` ни разу не вызывалась для данной последовательности, возвращается ошибка.) Так как это значение ограничено рамками сеанса, эта функция выдаёт предсказуемый результат вне зависимости от того, вызывалась ли впоследствии `nextval` в других сеансах или нет.

Этой функции требуется право `USAGE` или `SELECT` для последовательности.

`lastval`

Возвращает значение, выданное при последнем вызове `nextval` в текущем сеансе. Эта функция подобна `currval`, но она не принимает в параметрах имя последовательности, а обращается к той последовательности, для которой вызывалась `nextval` в последний раз в текущем сеансе. Если в текущем сеансе функция `nextval` ещё не вызывалась, при вызове `lastval` произойдёт ошибка.

Этой функции требуется право `USAGE` или `SELECT` для последней использованной последовательности.

`setval`

Сбрасывает счётчик последовательности. В форме с двумя параметрами устанавливает для последовательности заданное значение поля `last_value` и значение `true` для флага `is_called`,

показывающего, что при следующем вызове `nextval` последовательность должна сначала продвинуться к очередному значению, которое будет возвращено. При этом `currval` также возвратит заданное значение. В форме с тремя параметрами флагу `is_called` можно присвоить `true` или `false`. Со значением `true` она действует так же, как и форма с двумя параметрами. Если же присвоить этому флагу значение `false`, первый вызов `nextval` после этого вернёт именно заданное значение, а продвижение последовательности произойдёт при последующем вызове `nextval`. Кроме того, значение, возвращаемое `currval` в этом случае, не меняется. Например,

```
SELECT setval('foo', 42);           Следующий вызов nextval вернёт 43
SELECT setval('foo', 42, true);     То же самое
SELECT setval('foo', 42, false);    Следующий вызов nextval вернёт 42
```

Результатом самой функции `setval` будет просто значение её второго аргумента.

Важно

Так как значения последовательностей изменяются вне транзакций, действие функции `setval` не отменяется при откате транзакции.

Этой функции требуется право `UPDATE` для последовательности.

9.17. Условные выражения

В этом разделе описаны SQL-совместимые условные выражения, которые поддерживаются в PostgreSQL.

Подсказка

Если возможностей этих условных выражений оказывается недостаточно, вероятно, имеет смысл перейти к написанию серверных функций на более мощном языке программирования.

9.17.1. CASE

Выражение `CASE` в SQL представляет собой общее условное выражение, напоминающее операторы `if/else` в других языках программирования:

```
CASE WHEN условие THEN результат
      [WHEN ...]
      [ELSE результат]
END
```

Предложения `CASE` можно использовать везде, где допускаются выражения. Каждое *условие* в нём представляет собой выражение, возвращающее результат типа `boolean`. Если результатом выражения оказывается `true`, значением выражения `CASE` становится *результат*, следующий за условием, а остальная часть выражения `CASE` не вычисляется. Если же условие не выполняется, за ним таким же образом проверяются все последующие предложения `WHEN`. Если не выполняется ни одно из *условий* `WHEN`, значением `CASE` становится *результат*, записанный в предложении `ELSE`. Если при этом предложение `ELSE` отсутствует, результатом выражения будет `NULL`.

Пример:

```
SELECT * FROM test;

a
---
1
2
3
```

```
SELECT a,
       CASE WHEN a=1 THEN 'one'
            WHEN a=2 THEN 'two'
            ELSE 'other'
       END
FROM test;
```

```
a | case
---+-----
1 | one
2 | two
3 | other
```

Типы данных всех выражений *результатов* должны приводиться к одному выходному типу. Подробнее это описано в Разделе 10.5.

Существует также «простая» форма выражения CASE, разновидность вышеприведённой общей формы:

```
CASE выражение
  WHEN значение THEN результат
  [WHEN ...]
  [ELSE результат]
END
```

В такой форме сначала вычисляется первое *выражение*, а затем его результат сравнивается с *выражениями значений* в предложениях WHEN, пока не будет найдено равное ему. Если такого не значения не находится, возвращается *результат* предложения ELSE (или NULL). Эта форма больше похожа на оператор switch, существующий в языке C.

Показанный ранее пример можно записать по-другому, используя простую форму CASE:

```
SELECT a,
       CASE a WHEN 1 THEN 'one'
            WHEN 2 THEN 'two'
            ELSE 'other'
       END
FROM test;
```

```
a | case
---+-----
1 | one
2 | two
3 | other
```

В выражении CASE вычисляются только те подвыражения, которые необходимы для получения результата. Например, так можно избежать ошибки деления на ноль:

```
SELECT ... WHERE CASE WHEN x <> 0 THEN y/x > 1.5 ELSE false END;
```

Примечание

Как было описано в Подразделе 4.2.14, всё же возможны ситуации, когда подвыражения вычисляются на разных этапах, так что железной гарантии, что в «CASE вычисляются только необходимые подвыражения», в принципе нет. Например, константное подвыражение $1/0$ обычно вызывает ошибку деления на ноль на этапе планирования, хотя эта ветвь CASE может вовсе не вычисляться во время выполнения.

9.17.2. COALESCE

COALESCE(*значение* [, ...])

Функция COALESCE возвращает первый попавшийся аргумент, отличный от NULL. Если же все аргументы равны NULL, результатом тоже будет NULL. Это часто используется при отображении данных для подстановки некоторого значения по умолчанию вместо значений NULL:

```
SELECT COALESCE(description, short_description, '(none)') ...
```

Этот запрос вернёт значение *description*, если оно не равно NULL, либо *short_description*, если оно не NULL, и строку *(none)*, если оба эти значения равны NULL.

Как и выражение CASE, COALESCE вычисляет только те аргументы, которые необходимы для получения результата; то есть, аргументы правее первого отличного от NULL аргумента не вычисляются. Эта функция соответствует стандарту SQL, а в некоторых других СУБД её аналоги называются NVL и IFNULL.

9.17.3. NULLIF

NULLIF(*значение1*, *значение2*)

Функция NULLIF возвращает значение NULL, если *значение1* равно *значение2*; в противном случае она возвращает *значение1*. Это может быть полезно для реализации обратной операции к COALESCE. В частности, для примера, показанного выше:

```
SELECT NULLIF(value, '(none)') ...
```

Если аргумент *value* равен *(none)*, результатом выражения будет NULL, а в противном случае — значение аргумента *value*.

9.17.4. GREATEST и LEAST

GREATEST(*значение* [, ...])

LEAST(*значение* [, ...])

Функции GREATEST и LEAST выбирают наибольшее или наименьшее значение из списка выражений. Все эти выражения должны приводиться к общему типу данных, который станет типом результата (подробнее об этом в Разделе 10.5). Значения NULL в этом списке игнорируются, так что результат выражения будет равен NULL, только если все его аргументы равны NULL.

Заметьте, что функции GREATEST и LEAST не описаны в стандарте SQL, но часто реализуются в СУБД как расширения. В некоторых других СУБД они могут возвращать NULL, когда не все, а любой из аргументов равен NULL.

9.18. Функции и операторы для работы с массивами

В Таблице 9.48 показаны операторы, предназначенные для работы с массивами.

Таблица 9.48. Операторы для работы с массивами

Оператор	Описание	Пример	Результат
=	равно	<pre>ARRAY[1.1, 2.1, 3.1]::int[] = ARRAY[1, 2, 3]</pre>	t
<>	не равно	<pre>ARRAY[1, 2, 3] <> ARRAY[1, 2, 4]</pre>	t
<	меньше	<pre>ARRAY[1, 2, 3] < ARRAY[1, 2, 4]</pre>	t
>	больше	<pre>ARRAY[1, 4, 3] > ARRAY[1, 2, 4]</pre>	t
<=	меньше или равно	<pre>ARRAY[1, 2, 3] <= ARRAY[1, 2, 3]</pre>	t

Оператор	Описание	Пример	Результат
>=	больше или равно	ARRAY[1, 4, 3] >= ARRAY[1, 4, 3]	t
@>	содержит	ARRAY[1, 4, 3] @> ARRAY[3, 1]	t
<@	содержится в	ARRAY[2, 7] <@ ARRAY[1, 7, 4, 2, 6]	t
&&	пересечение (есть общие элементы)	ARRAY[1, 4, 3] && ARRAY[2, 1]	t
	соединение массива с массивом	ARRAY[1, 2, 3] ARRAY[4, 5, 6]	{1, 2, 3, 4, 5, 6}
	соединение массива с массивом	ARRAY[1, 2, 3] ARRAY[[4, 5, 6], [7, 8, 9]]	{{1, 2, 3}, {4, 5, 6}, {7, 8, 9}}
	соединение элемента с массивом	3 ARRAY[4, 5, 6]	{3, 4, 5, 6}
	соединение массива с элементом	ARRAY[4, 5, 6] 7	{4, 5, 6, 7}

Операторы сравнения массивов сравнивают содержимое массивов по элементам, используя при этом функцию сравнения для B-дерева, определённую для типа данного элемента по умолчанию. В многомерных массивах элементы просматриваются по строкам (индекс последней размерности меняется в первую очередь). Если содержимое двух массивов совпадает, а размерности различаются, результат их сравнения будет определяться первым отличием в размерностях. (В PostgreSQL до версии 8.2 поведение было другим: два массива с одинаковым содержимым считались одинаковыми, даже если число их размерностей и границы индексов различались.)

Подробнее поведение операторов с массивами описано в Разделе 8.15. За дополнительными сведениями об операторах, поддерживающих индексы, обратитесь к Разделу 11.2.

В Таблице 9.49 перечислены функции, предназначенные для работы с массивами. Дополнительная информация о них и примеры использования приведены в Разделе 8.15.

Таблица 9.49. Функции для работы с массивами

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
array_append (anyarray, anyelement)	anyarray	добавляет элемент в конец массива	array_append(ARRAY[1, 2], 3)	{1, 2, 3}
array_cat (anyarray, anyarray)	anyarray	соединяет два массива	array_cat(ARRAY[1, 2, 3], ARRAY[4, 5])	{1, 2, 3, 4, 5}
array_ndims (anyarray)	int	возвращает число размерностей массива	array_ndims(ARRAY[[1, 2, 3], [4, 5, 6]])	2
array_dims (anyarray)	text	возвращает текстовое представление размерностей массива	array_dims(ARRAY[[1, 2, 3], [4, 5, 6]])	[1:2] [1:3]
array_fill (anyelement, int[], int[])	anyarray	возвращает массив, заполненный заданным значением и имеющий	array_fill(7, ARRAY[3], ARRAY[2])	[2:4]={7, 7, 7}

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		указанные размерности, в которых нижняя граница может быть отлична от 1		
<code>array_length (anyarray, int)</code>	int	возвращает длину указанной размерности массива	<code>array_length(array[1,2,3], 1)</code>	3
<code>array_lower (anyarray, int)</code>	int	возвращает нижнюю границу указанной размерности массива	<code>array_lower('[0:2]={1,2,3}':int[], 1)</code>	0
<code>array_position (anyarray, anyelement [, int])</code>	int	возвращает позицию первого вхождения второго аргумента в массиве, начиная с элемента, выбираемого третьим аргументом, либо с первого элемента (массив должен быть одномерным)	<code>array_position(ARRAY['sun','mon','tue','wed','thu','fri','sat'],'mon')</code>	2
<code>array_positions (anyarray, anyelement)</code>	int[]	возвращает массив с позициями всех вхождений второго аргумента в массиве, задаваемым первым аргументом (массив должен быть одномерным)	<code>array_positions(ARRAY['A','A','B','A'],'A')</code>	{1,2,4}
<code>array_prepend (anyelement, anyarray)</code>	anyarray	вставляет элемент в начало массива	<code>array_prepend(1, ARRAY[2,3])</code>	{1,2,3}
<code>array_remove (anyarray, anyelement)</code>	anyarray	удаляет из массива все элементы, равные заданному значению (массив должен быть одномерным)	<code>array_remove(ARRAY[1,2,3,2], 2)</code>	{1,3}
<code>array_replace (anyarray, anyelement, anyelement)</code>	anyarray	заменяет в массиве все элементы, равные заданному значению, другим значением	<code>array_replace(ARRAY[1,2,5,4], 5, 3)</code>	{1,2,3,4}
<code>array_to_string (anyarray, text [, text])</code>	text	выводит элементы массива через заданный разделитель и позволяет определить замену для значения NULL	<code>array_to_string(ARRAY[1, 2, 3, NULL, 5], ' ', '*')</code>	1,2,3,*,5

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>array_upper (anyarray, int)</code>	int	возвращает верхнюю границу указанной размерности массива	<code>array_upper (ARRAY[1,8,3,7], 1)</code>	4
<code>cardinality (anyarray)</code>	int	возвращает общее число элементов в массиве, либо 0, если массив пуст	<code>cardinality (ARRAY[[1,2],[3,4]])</code>	4
<code>string_to_array (text, text [, text])</code>	text[]	разбивает строку на элементы массива, используя заданный разделитель и, возможно, замену для значений NULL	<code>string_to_array ('xx~^~yy~^~zz', '~^~', 'yy')</code>	{xx,NULL,zz}
<code>unnest (anyarray)</code>	setof anyelement	разворачивает массив в набор строк	<code>unnest (ARRAY[1,2])</code>	1 2 (2 строки)
<code>unnest (anyarray, anyarray [, ...])</code>	setof anyelement, anyelement [, ...]	разворачивает массивы (возможно разных типов) в набор строк. Это допускается только в предложении FROM; см. Подраздел 7.2.1.4	<code>unnest (ARRAY[1,2], ARRAY['foo','bar','baz'])</code>	1 foo 2 bar NULL baz (3 строки)

В функциях `array_position` и `array_positions` каждый элемент массива сравнивается с искомым значением по принципу IS NOT DISTINCT FROM.

Функция `array_position` возвращает NULL, если искомое значение не находится.

Функция `array_positions` возвращает NULL, только если в качестве массива передаётся NULL; если же в массиве не находится значение, она возвращает пустой массив.

Если для функции `string_to_array` в качестве разделителя задан NULL, каждый символ входной строки станет отдельным элементом в полученном массиве. Если разделитель пустая строка, строка будет возвращена целиком в массиве из одного элемента. В противном случае входная строка разбивается по вхождениям подстроки, указанной в качестве разделителя.

Если для функции `string_to_array` параметр замены значения NULL опущен или равен NULL, никакие подстроки во входных данных не будут заменяться на NULL. Если же параметр замены NULL опущен или равен NULL для функции `array_to_string`, все значения NULL просто пропускаются и никак не представляются в выходной строке.

Примечание

В поведении `string_to_array` по сравнению с PostgreSQL версий до 9.1 произошли два изменения. Во-первых, эта функция возвращает пустой массив (содержащий 0 элементов), а не NULL, когда входная строка имеет нулевую длину. Во-вторых, если в качестве разделителя задан NULL, эта функция разбивает строку по символам, а не просто возвращает NULL, как было раньше.

Вы также можете узнать об агрегатной функции, работающей с массивами, `array_agg` в Разделе 9.20.

9.19. Диапазонные функции и операторы

Диапазонные типы данных рассматриваются в Разделе 8.17.

В Таблице 9.50 показаны операторы, предназначенные для работы с диапазонами.

Таблица 9.50. Диапазонные операторы

Оператор	Описание	Пример	Результат
=	равно	<code>int4range(1,5) = '[1,4]':int4range</code>	t
<>	не равно	<code>numrange(1.1,2.2) <> numrange(1.1,2.3)</code>	t
<	меньше	<code>int4range(1,10) < int4range(2,3)</code>	t
>	больше	<code>int4range(1,10) > int4range(1,5)</code>	t
<=	меньше или равно	<code>numrange(1.1,2.2) <= numrange(1.1,2.2)</code>	t
>=	больше или равно	<code>numrange(1.1,2.2) >= numrange(1.1,2.0)</code>	t
@>	содержит диапазон	<code>int4range(2,4) @> int4range(2,3)</code>	t
@>	содержит элемент	<code>'[2011-01-01, 2011-03-01]':tsrange @> '2011-01-10':timestamp</code>	t
<@	диапазон содержится в	<code>int4range(2,4) <@ int4range(1,7)</code>	t
<@	элемент содержится в	<code>42 <@ int4range(1,7)</code>	f
&&	пересекает (есть общие точки)	<code>int8range(3,7) && int8range(4,12)</code>	t
<<	строго слева от	<code>int8range(1,10) << int8range(100,110)</code>	t
>>	строго справа от	<code>int8range(50,60) >> int8range(20,30)</code>	t
&<	не простирается правее	<code>int8range(1,20) &< int8range(18,20)</code>	t
&>	не простирается левее	<code>int8range(7,20) &> int8range(5,10)</code>	t
- -	примыкает к	<code>numrange(1.1,2.2) - - numrange(2.2,3.3)</code>	t

Оператор	Описание	Пример	Результат
+	union	numrange(5, 15) + numrange(10, 20)	[5, 20)
*	пересечение	int8range(5, 15) * int8range(10, 20)	[10, 15)
–	вычитание	int8range(5, 15) – int8range(10, 20)	[5, 10)

Простые операторы сравнения `<`, `>`, `<=` и `>=` сначала сравнивают нижние границы, и только если они равны, сравнивают верхние. Эти операторы сравнения обычно не очень полезны для диапазонов; основное их предназначение — сделать возможным построение индексов-В-деревьев по диапазонам.

Операторы слева/справа/примыкает всегда возвращают `false`, если один из диапазонов пуст; то есть, считается, что пустой диапазон находится не слева и не справа от какого-либо другого диапазона.

Операторы сложения и вычитания вызывают ошибку, если получающийся в результате диапазон оказывается состоящим из двух разделённых поддиапазонов, так как его нельзя представить в этом типе данных.

В Таблице 9.51 перечислены функции, предназначенные для работы с диапазонными типами.

Таблица 9.51. Диапазонные функции

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>lower(anyrange)</code>	тип элемента диапазона	нижняя граница диапазона	<code>lower(numrange(1.1, 2.2))</code>	1.1
<code>upper(anyrange)</code>	тип элемента диапазона	верхняя граница диапазона	<code>upper(numrange(1.1, 2.2))</code>	2.2
<code>isempty(anyrange)</code>	boolean	диапазон пуст?	<code>isempty(numrange(1.1, 2.2))</code>	false
<code>lower_inc(anyrange)</code>	boolean	нижняя граница включается?	<code>lower_inc(numrange(1.1, 2.2))</code>	true
<code>upper_inc(anyrange)</code>	boolean	верхняя граница включается?	<code>upper_inc(numrange(1.1, 2.2))</code>	false
<code>lower_inf(anyrange)</code>	boolean	нижняя граница равна бесконечности?	<code>lower_inf('(',)::daterange)</code>	true
<code>upper_inf(anyrange)</code>	boolean	верхняя граница равна бесконечности?	<code>upper_inf('(',)::daterange)</code>	true
<code>range_merge(anyrange, anyrange)</code>	anyrange	наименьший диапазон, включающий оба заданных диапазона	<code>range_merge([1, 2)::int4range, [3, 4)::int4range)</code>	[1, 4)

Функции `lower` и `upper` возвращают `NULL`, если диапазон пуст или указанная граница равна бесконечности. Если же пустой диапазон передаётся функциям `lower_inc`, `upper_inc`, `lower_inf` и `upper_inf`, все они возвращают `false`.

9.20. Агрегатные функции

Агрегатные функции получают единственный результат из набора входных значений. Встроенные агрегатные функции общего назначения перечислены в Таблице 9.52, а статистические агрегатные функции — в Таблице 9.53. Встроенные внутригрупповые сортирующие агрегатные функции перечислены в Таблице 9.54, встроенные внутригрупповые гипотезирующие — в Таблице 9.55. Группирующие операторы, тесно связанные с агрегатными функциями, перечислены в Таблице 9.56. Особенности синтаксиса агрегатных функций разъясняются в Подразделе 4.2.7. За дополнительной вводной информацией обратитесь к Разделу 2.7.

Таблица 9.52. Агрегатные функции общего назначения

Функция	Типы аргумента	Тип результата	Частичный ре-жим	Описание
<code>array_agg(выражение)</code>	любой тип не массива	массив элементов с типом аргумента	Нет	входные значения, включая NULL, объединяются в массив
<code>array_agg(выражение)</code>	любой тип массива	тот же, что и тип аргумента	Нет	входные массивы собираются в массив большей размерности (они должны иметь одну размерность и не могут быть пустыми или равны NULL)
<code>avg(выражение)</code>	<code>smallint</code> , <code>int</code> , <code>bigint</code> , <code>real</code> , <code>double precision</code> , <code>numeric</code> или <code>interval</code>	<code>numeric</code> для любых целочисленных аргументов, <code>double precision</code> для аргументов с плавающей точкой, в противном случае тип данных аргумента	Да	арифметическое среднее для всех входных значений
<code>bit_and(выражение)</code>	<code>smallint</code> , <code>int</code> , <code>bigint</code> или <code>bit</code>	тот же, что и тип аргумента	Да	побитовое И для всех входных значений, не равных NULL, или NULL, если таких нет
<code>bit_or(выражение)</code>	<code>smallint</code> , <code>int</code> , <code>bigint</code> или <code>bit</code>	тот же, что и тип аргумента	Да	побитовое ИЛИ для всех входных значений, не равных NULL, или NULL, если таких нет
<code>bool_and(выражение)</code>	<code>bool</code>	<code>bool</code>	Да	true, если все входные значения равны true, и false в противном случае
<code>bool_or(выражение)</code>	<code>bool</code>	<code>bool</code>	Да	true, если хотя бы одно входное значение равно true, и false в противном случае

Функция	Типы аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
count (*)		bigint	Да	количество входных строк
count (выражение)	any	bigint	Да	количество входных строк, для которых значение выражения не равно NULL
every (выражение)	bool	bool	Да	синоним bool_and
json_agg (выражение)	any	json	Нет	агрегирует значения в виде массива JSON
jsonb_agg (выражение)	any	jsonb	Нет	агрегирует значения в виде массива JSON
json_object_agg (имя, значение)	(any, any)	json	Нет	агрегирует пары имя/значение в виде объекта JSON
jsonb_object_agg (имя, значение)	(any, any)	jsonb	Нет	агрегирует пары имя/значение в виде объекта JSON
max (выражение)	любой числовой, строковый, сетевой тип или тип даты/времени, либо массив этих типов	тот же, что и тип аргумента	Да	максимальное значение выражения среди всех входных данных
min (выражение)	любой числовой, строковый, сетевой тип или тип даты/времени, либо массив этих типов	тот же, что и тип аргумента	Да	минимальное значение выражения среди всех входных данных
string_agg (выражение, разделитель)	(text, text) или (bytea, bytea)	тот же, что и типы аргументов	Нет	входные данные складываются в строку через заданный разделитель
sum (выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision, numeric, interval или money	bigint для аргументов smallint или int, numeric для аргументов bigint, и тип аргумента в остальных случаях	Да	сумма значений выражения по всем входным данным
xmlagg (выражение)	xml	xml	Нет	соединение XML-значений (см. также Подраздел 9.14.1.7)

Следует заметить, что за исключением `count`, все эти функции возвращают `NULL`, если для них не была выбрана ни одна строка. В частности, функция `sum`, не получив строк, возвращает `NULL`, а не `0`, как можно было бы ожидать, и `array_agg` в этом случае возвращает `NULL`, а не пустой массив. Если необходимо, подставить в результат `0` или пустой массив вместо `NULL` можно с помощью функции `coalesce`.

Агрегатные функции, поддерживающие *частичный режим*, являются кандидатами на участие в различных оптимизациях, например, в параллельном агрегировании.

Примечание

Булевы агрегатные функции `bool_and` и `bool_or` соответствуют стандартным SQL-агрегатам `every` и `any` или `some`. Что касается `any` и `some`, по стандарту их синтаксис допускает некоторую неоднозначность:

```
SELECT b1 = ANY((SELECT b2 FROM t2 ...)) FROM t1 ...;
```

Здесь `ANY` можно рассматривать и как объявление подзапроса, и как агрегатную функцию, если этот подзапрос возвращает одну строку с булевым значением. Таким образом, этим агрегатным функциям нельзя было дать стандартные имена.

Примечание

Пользователи с опытом использования других СУБД SQL могут быть недовольны скоростью агрегатной функции `count`, когда она применяется ко всей таблице. Подобный запрос:

```
SELECT count(*) FROM sometable;
```

потребуется затрат в количестве, пропорциональном размеру таблицы: PostgreSQL придётся полностью просканировать либо всю таблицу, либо один из индексов, включающий все её строки.

Агрегатные функции `array_agg`, `json_agg`, `jsonb_agg`, `json_object_agg`, `jsonb_object_agg`, `string_agg` и `xmllagg` так же, как и подобные пользовательские агрегатные функции, выдают разные по содержанию результаты в зависимости от порядка входных значений. По умолчанию порядок не определён, но его можно задать, дополнив вызов агрегатной функции предложением `ORDER BY`, как описано в Подразделе 4.2.7. Обычно нужного результата также можно добиться, передав для агрегирования результат подзапроса с сортировкой. Например:

```
SELECT xmllagg(x) FROM (SELECT x FROM test ORDER BY y DESC) AS tab;
```

Но учтите, что этот подход может не работать, если на внешнем уровне запроса выполняется дополнительная обработка, например, соединение, так как при этом результат подзапроса может быть переупорядочен перед вычислением агрегатной функции.

В Таблице 9.53 перечислены агрегатные функции, обычно применяемые в статистическом анализе. (Они выделены просто для того, чтобы не загромождать список наиболее популярных агрегатных функций.) В их описании под *N* подразумевается число входных строк, для которых входные выражения не равны `NULL`. Все эти функции возвращают `NULL` во всех случаях, когда вычисление бессмысленно, например, когда *N* равно `0`.

Таблица 9.53. Агрегатные функции для статистических вычислений

Функция	Тип аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
<code>corr(Y, X)</code>	<code>double precision</code>	<code>double precision</code>	Да	коэффициент корреляции

Функция	Тип аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
covar_pop(Y, X)	double precision	double precision	Да	ковариация совокупности
covar_samp(Y, X)	double precision	double precision	Да	ковариация выборки
regr_avgx(Y, X)	double precision	double precision	Да	среднее независимой переменной ($\text{sum}(X)/N$)
regr_avgy(Y, X)	double precision	double precision	Да	среднее зависимой переменной ($\text{sum}(Y)/N$)
regr_count(Y, X)	double precision	bigint	Да	число входных строк, в которых оба выражения не NULL
regr_intercept(Y, X)	double precision	double precision	Да	пересечение с осью ОУ линии, полученной методом наименьших квадратов по данным (X, Y)
regr_r2(Y, X)	double precision	double precision	Да	квадрат коэффициента корреляции
regr_slope(Y, X)	double precision	double precision	Да	наклон линии, полученной методом наименьших квадратов по данным (X, Y)
regr_sxx(Y, X)	double precision	double precision	Да	$\text{sum}(X^2) - \text{sum}(X)^2/N$ («сумма квадратов» независимой переменной)
regr_sxy(Y, X)	double precision	double precision	Да	$\text{sum}(X*Y) - \text{sum}(X) * \text{sum}(Y)/N$ («сумма произведений» независимых и зависимых переменных)
regr_syy(Y, X)	double precision	double precision	Да	$\text{sum}(Y^2) - \text{sum}(Y)^2/N$ («сумма квадратов» зависимой переменной)
stddev(выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	сохранившийся синоним stddev_samp

Функция	Тип аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
stddev_pop (выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	стандартное отклонение по генеральной совокупности входных значений
stddev_samp (выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	стандартное отклонение по выборке входных значений
variance(выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	сохранившийся синоним var_samp
var_pop (выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	дисперсия для генеральной совокупности входных значений (квадрат стандартного отклонения)
var_samp (выражение)	smallint, int, bigint, real, double precision или numeric	double precision для аргументов с плавающей точкой, numeric для остальных	Да	дисперсия по выборке для входных значений (квадрат отклонения по выборке)

В Таблице 9.54 показаны некоторые агрегатные функции, использующие синтаксис *сортирующих агрегатных функций*. Иногда такие функции функциями называют функциями «обратного распределения».

Таблица 9.54. Сортирующие агрегатные функции

Функция	Тип непосредственного аргумента	Тип агрегированного аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
mode() WITHIN GROUP (ORDER BY выражение_сортировки)		любой сортируемый тип	тот же, что у выражения сортировки	Нет	возвращает значение, наиболее часто встречающееся во входных данных (если одинаково часто встречаются несколько значений, произвольно выбирается первое из них)
percentile_cont(дробь) WITHIN GROUP (ORDER BY вы-	double precision	double precision или interval	тот же, что у выражения сортировки	Нет	непрерывный процентиль: возвращает значение, соот-

Функция	Тип непосредственного аргумента	Тип агрегированного аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
<i>ражение_сортировки)</i>					ветствующее заданной дроби по порядку, интерполируя соседние входные значения, если необходимо
percentile_ cont(дроби) WITHIN GROUP (ORDER BY вы- ражение_ сортировки)	double precision[]	double precision или interval	массив типа выражения сортировки	Нет	множественный непрерывный процентиль: возвращает массив результатов, соответствующих форме параметра дроби (для каждого элемента не NULL подставляется значение, соответствующее данному процентилю)
percentile_ disc(дробь) WITHIN GROUP (ORDER BY вы- ражение_ сортировки)	double precision	любой сортируемый тип	тот же, что у выражения сортировки	Нет	дискретный процентиль: возвращает первое значение из входных данных, позиция которого по порядку равна или превосходит указанную дробь
percentile_ disc(дроби) WITHIN GROUP (ORDER BY вы- ражение_ сортировки)	double precision[]	любой сортируемый тип	массив типа выражения сортировки	Нет	множественный дискретный процентиль: возвращает массив результатов, соответствующих форме параметра дроби (для каждого элемента не NULL подставляется входное значение, соответствующее дан-

Функция	Тип непосредственного аргумента	Тип агрегированного аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
					ному процентилу)

Все агрегатные функции, перечисленные в Таблице 9.54, игнорируют значения NULL при сортировке данных. Для функций, принимающих параметр *дробь*, значение этого параметра должно быть от 0 до 1; в противном случае возникает ошибка. Однако, если в этом параметре передаётся NULL, эти функции просто выдают NULL.

Все агрегатные функции, перечисленные в Таблице 9.55, связаны с одноимёнными оконными функциями, определёнными в Разделе 9.21. В каждом случае их результат — значение, которое вернула бы связанная оконная функция для «гипотетической» строки, полученной из *аргументов*, если бы такая строка была добавлена в сортированную группу строк, которую образуют *сортируемые_аргументы*.

Таблица 9.55. Гипотезирующие агрегатные функции

Функция	Тип непосредственного аргумента	Тип агрегированного аргумента	Тип результата	Частичный режим	Описание
<code>rank (аргументы) WITHIN GROUP (ORDER BY сортируемые_ аргументы)</code>	VARIADIC "any"	VARIADIC "any"	bigint	Нет	ранг гипотетической строки, с пропусками повторяющихся строк
<code>dense_rank (аргументы) WITHIN GROUP (ORDER BY сортируемые_ аргументы)</code>	VARIADIC "any"	VARIADIC "any"	bigint	Нет	ранг гипотетической строки, без пропусков
<code>percent_ rank (аргументы) WITHIN GROUP (ORDER BY сортируемые_ аргументы)</code>	VARIADIC "any"	VARIADIC "any"	double precision	Нет	относительный ранг гипотетической строки, от 0 до 1
<code>cume_dist (аргументы) WITHIN GROUP (ORDER BY сортируемые_ аргументы)</code>	VARIADIC "any"	VARIADIC "any"	double precision	Нет	относительный ранг гипотетической строки, от 1/N до 1

Для всех этих гипотезирующих агрегатных функций непосредственные *аргументы* должны соответствовать (по количеству и типу) *сортированным_аргументам*. В отличие от встроенных агрегатных функций, они не являются строгими, то есть не отбрасывают входные строки, содержащие NULL. Значения NULL сортируются согласно правилу, указанному в предложении `ORDER BY`.

Таблица 9.56. Операции группировки

Функция	Тип результата	Описание
GROUPING (<i>аргументы...</i>)	integer	Целочисленная битовая маска, показывающая, какие аргументы не вошли в текущий набор группирования

Операции группировки применяются в сочетании с наборами группирования (см. Подраздел 7.2.4) для различения результирующих строк. Аргументы операции GROUPING на самом деле не вычисляются, но они должны в точности соответствовать выражениям, заданным в предложении GROUP BY на их уровне запроса. Биты назначаются справа налево (правый аргумент отражается в младшем бите); бит равен 0, если соответствующее выражение вошло в критерий группировки набора группирования, для которого сформирована строка результата, или 1 в противном случае. Например:

```
=> SELECT * FROM items_sold;
make | model | sales
-----+-----+-----
Foo   | GT    | 10
Foo   | Tour  | 20
Bar   | City  | 15
Bar   | Sport | 5
(4 rows)
```

```
=> SELECT make, model, GROUPING(make,model), sum(sales) FROM items_sold GROUP BY
ROLLUP (make,model);
make | model | grouping | sum
-----+-----+-----+-----
Foo   | GT    | 0 | 10
Foo   | Tour  | 0 | 20
Bar   | City  | 0 | 15
Bar   | Sport | 0 | 5
Foo   |       | 1 | 30
Bar   |       | 1 | 20
      |       | 3 | 50
(7 rows)
```

9.21. Оконные функции

Оконные функции дают возможность выполнять вычисления с набором строк, каким-либо образом связанным с текущей строкой запроса. Вводную информацию об этом можно получить в Разделе 3.5, а подробнее узнать о синтаксисе можно в Подразделе 4.2.8.

Встроенные оконные функции перечислены в Таблице 9.57. Заметьте, что эти функции *должны* вызываться именно как оконные, т. е. при вызове необходимо использовать предложение OVER.

В дополнение к этим функциям в качестве оконных можно использовать любые встроенные или пользовательские универсальные или статистические агрегатные функции (но не сортирующие и не гипотезирующие); список встроенных агрегатных функций приведён в Разделе 9.20. Агрегатные функции работают как оконные, только когда за их вызовом следует предложение OVER; в противном случае они работают как обычные, не оконные функции и выдают для всего набора единственную строку.

Таблица 9.57. Оконные функции общего назначения

Функция	Тип результата	Описание
row_number ()	bigint	номер текущей строки в её разделе, начиная с 1
rank ()	bigint	ранг текущей строки с пропусками; то же, что и row_

Функция	Тип результата	Описание
		number для первой родственной ей строки
dense_rank()	bigint	ранг текущей строки без пропусков; эта функция считает группы родственных строк
percent_rank()	double precision	относительный ранг текущей строки: $(rank - 1) / (\text{общее число строк раздела} - 1)$
cume_dist()	double precision	кумулятивное распределение: $(\text{число строк раздела, предшествующих или родственных текущей строке}) / \text{общее число строк раздела}$
ntile(<i>число_групп</i> integer)	integer	ранжирование по целым числам от 1 до значения аргумента так, чтобы размеры групп были максимально близки
lag(<i>значение</i> anyelement [, <i>смещение</i> integer [, <i>по_умолчанию</i> anyelement]])	тип аргумента <i>значение</i>	возвращает <i>значение</i> для строки, положение которой задаётся <i>смещением</i> от текущей строки к началу раздела; если такой строки нет, возвращается <i>значение по_умолчанию</i> (оно должно иметь тот же тип, что и <i>значение</i>). Оба параметра <i>смещение</i> и <i>по_умолчанию</i> вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, то <i>смещение</i> считается равным 1, а <i>по_умолчанию</i> — NULL
lead(<i>значение</i> anyelement [, <i>смещение</i> integer [, <i>по_умолчанию</i> anyelement]])	тип аргумента <i>значение</i>	возвращает <i>значение</i> для строки, положение которой задаётся <i>смещением</i> от текущей строки к концу раздела; если такой строки нет, возвращается <i>значение по_умолчанию</i> (оно должно иметь тот же тип, что и <i>значение</i>). Оба параметра <i>смещение</i> и <i>по_умолчанию</i> вычисляются для текущей строки. Если они не указываются, то <i>смещение</i> считается равным 1, а <i>по_умолчанию</i> — NULL
first_value(<i>значение</i> any)	тип аргумента <i>значение</i>	возвращает <i>значение</i> , вычисленное для первой строки в рамке окна
last_value(<i>значение</i> any)	тип аргумента <i>значение</i>	возвращает <i>значение</i> , вычисленное для последней строки в рамке окна
nth_value(<i>значение</i> any, <i>n</i> integer)	тип аргумента <i>значение</i>	возвращает <i>значение</i> , вычисленное в <i>n</i> -ой строке в рамке ок-

Функция	Тип результата	Описание
		на (считая с 1), или NULL, если такой строки нет

Результат всех функций, перечисленных в Таблице 9.57, зависит от порядка сортировки, заданного предложением `ORDER BY` в определении соответствующего окна. Строки, которые являются одинаковыми при рассмотрении только столбцов `ORDER BY`, считаются *родственными*. Четыре функции, вычисляющие ранг (включая `cume_dist`), реализованы так, что их результат будет одинаковым для всех родственных строк.

Заметьте, что функции `first_value`, `last_value` и `nth_value` рассматривают только строки в «рамке окна», которая по умолчанию содержит строки от начала раздела до последней родственной строки для текущей. Поэтому результаты `last_value` и иногда `nth_value` могут быть не очень полезны. В таких случаях можно переопределить рамку, добавив в предложение `OVER` подходящее указание рамки (`RANGE`, `ROWS` или `GROUPS`). Подробнее эти указания описаны в Подразделе 4.2.8.

Когда в качестве оконной функции используется агрегатная, она обрабатывает строки в рамке текущей строки. Агрегатная функция с `ORDER BY` и определением рамки окна по умолчанию будет вычисляться как «бегущая сумма», что может не соответствовать желаемому результату. Чтобы агрегатная функция работала со всем разделом, следует опустить `ORDER BY` или использовать `ROWS BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND UNBOUNDED FOLLOWING`. Используя другие указания в определении рамки, можно получить и другие эффекты.

Примечание

В стандарте SQL определены параметры `RESPECT NULLS` или `IGNORE NULLS` для функций `lead`, `lag`, `first_value`, `last_value` и `nth_value`. В PostgreSQL такие параметры не реализованы: эти функции ведут себя так, как положено в стандарте по умолчанию (или с подразумеваемым параметром `RESPECT NULLS`). Также функция `nth_value` не поддерживает предусмотренные стандартом параметры `FROM FIRST` и `FROM LAST`: реализовано только поведение по умолчанию (с подразумеваемым параметром `FROM FIRST`). (Получить эффект параметра `FROM LAST` можно, изменив порядок `ORDER BY` на обратный.)

Функция `cume_dist` вычисляет процент строк раздела, которые меньше или равны текущей строке или родственным ей строкам, тогда как `percent_rank` вычисляет процент строк раздела, которые меньше текущей строки, в предположении, что текущая строка не относится к разделу.

9.22. Выражения подзапросов

В этом разделе описаны выражения подзапросов, которые реализованы в PostgreSQL в соответствии со стандартом SQL. Все рассмотренные здесь формы выражений возвращает булевы значения (`true/false`).

9.22.1. EXISTS

`EXISTS` (подзапрос)

Аргументом `EXISTS` является обычный оператор `SELECT`, т. е. *подзапрос*. Выполнив запрос, система проверяет, возвращает ли он строки в результате. Если он возвращает минимум одну строку, результатом `EXISTS` будет «`true`», а если не возвращает ни одной — «`false`».

Подзапрос может обращаться к переменным внешнего запроса, которые в рамках одного вычисления подзапроса считаются константами.

Вообще говоря, подзапрос может выполняться не полностью, а завершаться, как только будет возвращена хотя бы одна строка. Поэтому в подзапросах следует избегать побочных эффектов (например, обращений к генераторам последовательностей); проявление побочного эффекта может быть непредсказуемым.

Так как результат этого выражения зависит только от того, возвращаются строки или нет, но не от их содержимого, список выходных значений подзапроса обычно не имеет значения. Как следствие, широко распространена практика, когда проверки `EXISTS` записываются в форме `EXISTS (SELECT 1 WHERE ...)`. Однако из этого правила есть и исключения, например с подзапросами с предложением `INTERSECT`.

Этот простой пример похож на внутреннее соединение по столбцу `col2`, но он выдаёт максимум одну строку для каждой строки в `tab1`, даже если в `tab2` ей соответствуют несколько строк:

```
SELECT col1
FROM tab1
WHERE EXISTS (SELECT 1 FROM tab2 WHERE col2 = tab1.col2);
```

9.22.2. IN

выражение IN (подзапрос)

В правой стороне этого выражения в скобках задаётся подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `IN` будет «true», если строка с таким значением находится, и «false» в противном случае (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк).

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается `NULL` или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно `NULL`, конструкция `IN` возвращает `NULL`, а не `false`. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями `NULL`.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

конструктор_строки IN (подзапрос)

В левой части этой формы `IN` записывается конструктор строки (подробнее они рассматриваются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен вернуть ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `IN` будет «true», если строка с такими значениями находится, и «false» в противном случае (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк).

Как обычно, значения `NULL` в строках обрабатываются при этом по принятым в SQL правилам сравнения. Две строки считаются равными, если все их соответствующие элементы не равны `NULL`, но равны между собой; неравными они считаются, когда в них находятся элементы, не равные `NULL`, и не равные друг другу; в противном случае результат сравнения строк не определён (равен `NULL`). Если в результатах сравнения строк нет ни одного положительного, но есть хотя бы один `NULL`, результатом `IN` будет `NULL`.

9.22.3. NOT IN

выражение NOT IN (подзапрос)

Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `NOT IN` будет «true», если находятся только несовпадающие строки (в том числе, когда подзапрос вообще не возвращает строк). Если же находится хотя бы одна подходящая строка, результатом будет «false».

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается `NULL` или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно `NULL`, конструкция `NOT IN` возвращает `NULL`, а не `true`. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями `NULL`.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

конструктор_строки NOT IN (подзапрос)

В левой части этой формы `NOT IN` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен вернуть ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом. Результатом всего выражения `NOT IN` будет «true», если равных строк не найдётся (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк), и «false», если такие строки есть.

Как обычно, значения `NULL` в строках обрабатываются при этом по принятым в SQL правилам сравнения. Две строки считаются равными, если все их соответствующие элементы не равны `NULL`, но равны между собой; неравными они считаются, когда в них находятся элементы, не равные `NULL`, и не равные друг другу; в противном случае результат сравнения строк не определён (равен `NULL`). Если в результатах сравнения строк нет ни одного положительного, но есть хотя бы один `NULL`, результатом `NOT IN` будет `NULL`.

9.22.4. ANY/SOME

выражение оператор ANY (подзапрос)

выражение оператор SOME (подзапрос)

В правой части конструкции в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением в каждой строке результата подзапроса с помощью заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ANY` будет «true», если хотя бы для одной строки условие истинно, и «false» в противном случае (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк).

Ключевое слово `SOME` является синонимом `ANY`. Конструкцию `IN` можно записать также записать как `= ANY`.

Заметьте, что если условие не выполняется ни для одной из строк, а хотя бы для одной строки условный оператор выдаёт `NULL`, конструкция `ANY` возвращает `NULL`, а не `false`. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями `NULL`.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

конструктор_строки оператор ANY (подзапрос)

конструктор_строки оператор SOME (подзапрос)

В левой части этой формы `ANY` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом, с применением заданного *оператора*. Результатом всего выражения `ANY` будет «true», если для какой-либо из строк подзапроса результатом сравнения будет `true`, или «false», если для всех строк результатом сравнения оказывается `false` (в том числе, и когда подзапрос не возвращает строк). Результатом выражения будет `NULL`, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен `true`, а минимум для одной равен `NULL`.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.23.5.

9.22.5. ALL

выражение оператор ALL (подзапрос)

В правой части конструкции в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно один столбец. Вычисленное значение левого выражения сравнивается со значением в каждой строке результата подзапроса с помощью заданного *оператора* условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ALL` будет «true», если условие истинно для всех строк (и когда подзапрос не возвращает строк), или «false», если находятся строки, для которых оно ложно. Результатом выражения будет `NULL`, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен `true`, а минимум для одной равен `NULL`.

Конструкция `NOT IN` равнозначна `<> ALL`.

Так же, как и с `EXISTS`, здесь не следует рассчитывать на то, что подзапрос будет всегда выполняться полностью.

конструктор_строки оператор ALL (подзапрос)

В левой части этой формы `ALL` записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Вычисленные значения левого выражения сравниваются построчно со значениями во всех строках, возвращённых подзапросом, с применением заданного оператора. Результатом всего выражения `ALL` будет «true», если для всех строк подзапроса результатом сравнения будет true (или если подзапрос не возвращает строк), либо «false», если результат сравнения равен false для любой из строк подзапроса. Результатом выражения будет NULL, если ни для одной из строк подзапроса результат сравнения не равен true, а минимум для одной равен NULL.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.23.5.

9.22.6. Сравнение единичных строк

конструктор_строки оператор (подзапрос)

В левой части конструкции записывается конструктор строки (подробнее они описываются в Подразделе 4.2.13). Справа в скобках записывается подзапрос, который должен возвращать ровно столько столбцов, сколько содержит строка в выражении слева. Более того, подзапрос может вернуть максимум одну строку. (Если он не вернёт строку, результатом будет NULL.) Конструкция возвращает результат сравнения строки слева с этой одной строкой результата подзапроса.

Подробнее логика сравнения конструкторов строк описана в Подразделе 9.23.5.

9.23. Сравнение табличных строк и массивов

В этом разделе описываются несколько специальных конструкций, позволяющих сравнивать группы значений. Синтаксис этих конструкций связан с формами выражений с подзапросами, описанными в предыдущем разделе, а отличаются они отсутствием подзапросов. Конструкции, в которых в качестве подвыражений используются массивы, являются расширениями PostgreSQL; все остальные формы соответствуют стандарту SQL. Все описанные здесь выражения возвращают логические значения (true/false).

9.23.1. IN

выражение IN (значение [, ...])

Справа в скобках записывается список скалярных выражений. Результатом будет «true», если значение левого выражения равняется одному из значений выражений в правой части. Эту конструкцию можно считать краткой записью условия

```
выражение = значение1
OR
выражение = значение2
OR
...
```

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `IN` возвращает NULL, а не false. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

9.23.2. NOT IN

выражение NOT IN (значение [, ...])

Справа в скобках записывается список скалярных выражений. Результатом будет «true», если значение левого выражения не равно ни одному из значений выражений в правой части. Эту конструкцию можно считать краткой записью условия

```
выражение <> значение1
AND
выражение <> значение2
AND
...
```

Заметьте, что если результатом выражения слева оказывается NULL или равных значений справа не находится, а хотя бы одно из значений справа равно NULL, конструкция `NOT IN` возвращает NULL, а не true, как можно было бы наивно полагать. Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Подсказка

Выражения `x NOT IN y` и `NOT (x IN y)` полностью равнозначны. Учитывая, что значения NULL могут ввести в заблуждение начинающих скорее в конструкции `NOT IN`, чем в `IN`, лучше формулировать условия так, чтобы в них было как можно меньше отрицаний.

9.23.3. ANY/SOME (с массивом)

```
выражение оператор ANY (выражение массива)
выражение оператор SOME (выражение массива)
```

Справа в скобках записывается выражение, результатом которого является массив. Вычисленное значение левого выражения сравнивается с каждым элементом этого массива с применением заданного оператора условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ANY` будет «true», если для какого-либо элемента условие истинно, и «false» в противном случае (в том числе, и когда массив оказывается пустым).

Если значением массива оказывается NULL, результатом `ANY` также будет NULL. Если NULL получен в левой части, результатом `ANY` обычно тоже будет NULL (хотя оператор нестрогого сравнения может выдать другой результат). Кроме того, если массив в правой части содержит элементы NULL и ни с одним из элементов условие не выполняется, результатом `ANY` будет NULL, а не false (опять же, если используется оператор строгого сравнения). Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

Ключевое слово `SOME` является синонимом `ANY`.

9.23.4. ALL (с массивом)

```
выражение оператор ALL (выражение массива)
```

Справа в скобках записывается выражение, результатом которого является массив. Вычисленное значение левого выражения сравнивается с каждым элементом этого массива с применением заданного оператора условия, который должен выдавать логическое значение. Результатом `ALL` будет «true», если для всех элементов условие истинно (или массив не содержит элементов), и «false», если находятся строки, для которых оно ложно.

Если значением массива оказывается NULL, результатом `ALL` также будет NULL. Если NULL получен в левой части, результатом `ALL` обычно тоже будет NULL (хотя оператор нестрогого сравнения может выдать другой результат). Кроме того, если массив в правой части содержит элементы NULL и при этом нет элементов, с которыми условие не выполняется, результатом `ALL` будет NULL, а не true (опять же, если используется оператор строгого сравнения). Это соответствует принятым в SQL правилам сравнения переменных со значениями NULL.

9.23.5. Сравнение конструкторов строк

```
конструктор_строки оператор конструктор_строки
```

С обеих сторон представлены конструкторы строк (они описываются в Подразделе 4.2.13). При этом данные строки должны содержать одинаковое число полей. После вычисления каждой сто-

роны они сравниваются по строкам. Сравнения конструкторов строк возможны с оператором `=`, `<>`, `<`, `<=`, `>` или `>=`. Каждый элемент строки должен иметь тип, для которого определён класс операторов В-дерева; в противном случае при попытке сравнения может возникнуть ошибка.

Примечание

Ошибок, связанных с числом или типов элементов, не должно быть, если сравнение выполняется с ранее полученными столбцами.

Сравнения `=` и `<>` несколько отличаются от других. С этими операторами две строки считаются равными, если все их соответствующие поля не равны NULL и равны между собой, и неравными, если какие-либо соответствующие их поля не NULL и не равны между собой. В противном случае результатом сравнения будет неопределённость (NULL).

С операторами `<`, `<=`, `>` и `>=` элементы строк сравниваются слева направо до тех пор, пока не будет найдена пара неравных элементов или значений NULL. Если любым из элементов пары оказывается NULL, результатом сравнения будет неопределённость (NULL), в противном случае результат всего выражения определяется результатом сравнения этих двух элементов. Например, результатом `ROW(1,2,NULL) < ROW(1,3,0)` будет `true`, а не NULL, так как третья пара элементов не принимается в рассмотрение.

Примечание

До версии 8.2 PostgreSQL обрабатывал условия `<`, `<=`, `>` и `>=` не так, как это описано в стандарте SQL. Сравнение `ROW(a,b) < ROW(c,d)` выполнялось как `a < c AND b < d`, тогда как по стандарту должно быть `a < c OR (a = c AND b < d)`.

конструктор_строки IS DISTINCT FROM конструктор_строки

Эта конструкция похожа на сравнение строк с оператором `<>`, но со значениями NULL она выдаёт не NULL. Любое значение NULL для неё считается неравным (отличным от) любому значению не NULL, а два NULL считаются равными (не различными). Таким образом, результатом такого выражения будет `true` или `false`, но не NULL.

конструктор_строки IS NOT DISTINCT FROM конструктор_строки

Эта конструкция похожа на сравнение строк с оператором `=`, но со значениями NULL она выдаёт не NULL. Любое значение NULL для неё считается неравным (отличным от) любому значению не NULL, а два NULL считаются равными (не различными). Таким образом, результатом такого выражения всегда будет `true` или `false`, но не NULL.

9.23.6. Сравнение составных типов

запись оператор запись

Стандарт SQL требует, чтобы при сравнении строк возвращался NULL, если результат зависит от сравнения двух значений NULL или значения NULL и не NULL. PostgreSQL выполняет это требование только при сравнении строк, созданных конструкторами (как описано в Подразделе 9.23.5), или строки, созданной конструктором, со строкой результата подзапроса (как было описано в Разделе 9.22). В других контекстах при сравнении полей составных типов два значения NULL считаются равными, а любое значение не NULL полагается меньшим NULL. Это отклонение от правила необходимо для полноценной реализации сортировки и индексирования составных типов.

После вычисления каждой стороны они сравниваются по строкам. Сравнения составных типов возможны с оператором `=`, `<>`, `<`, `<=`, `>` или `>=`, либо другим подобным. (Точнее, оператором сравнения строк может быть любой оператор, входящий в класс операторов В-дерева, либо обратный к оператору `=`, входящему в класс операторов В-дерева.) По умолчанию вышеперечисленные операторы действуют так же, как выражение `IS [ NOT ] DISTINCT FROM` для конструкторов строк (см. Подраздел 9.23.5).

Для поддержки сравнения строк с элементами, для которых не определён класс операторов В-дерева по умолчанию, введены следующие операторы: `=`, `*<>`, `*<`, `*<=`, `*>` и `*>=`. Эти операторы сравнивают внутреннее двоичное представление двух строк. Учтите, что две строки могут иметь различное двоичное представление, даже когда при сравнении оператором равенства считаются равными. Порядок строк с такими операторами детерминирован, но не несёт смысловой нагрузки. Данные операторы применяются внутри системы для материализованных представлений и могут быть полезны для других специальных целей (например, репликации), но, вообще говоря, не предназначены для использования в обычных запросах.

9.24. Функции, возвращающие множества

В этом разделе описаны функции, которые могут возвращать не одну, а множество строк. Чаще всего из их числа используются функции, генерирующие ряды значений, которые перечислены в Таблице 9.58 и Таблице 9.59. Другие, более специализированные функции множеств описаны в других разделах этой документации. Варианты комбинирования нескольких функций, возвращающих множества строк, описаны в Подразделе 7.2.1.4.

Таблица 9.58. Функции, генерирующие ряды значений

Функция	Тип аргумента	Тип результата	Описание
<code>generate_series(start, stop)</code>	<code>int</code> , <code>bigint</code> или <code>numeric</code>	<code>setof int</code> , <code>setof bigint</code> или <code>setof numeric</code> (определяется типом аргумента)	Выдаёт ряд целых чисел от <i>start</i> до <i>stop</i> с шагом 1
<code>generate_series(start, stop, step)</code>	<code>int</code> , <code>bigint</code> или <code>numeric</code>	<code>setof int</code> , <code>setof bigint</code> или <code>setof numeric</code> (определяется типом аргумента)	Выдаёт ряд значений от <i>start</i> до <i>stop</i> с заданным шагом (<i>step</i>)
<code>generate_series(start, stop, step interval)</code>	<code>timestamp</code> или <code>timestamp with time zone</code>	<code>setof timestamp</code> или <code>setof timestamp with time zone</code> (определяется типом аргумента)	Выдаёт ряд значений от <i>start</i> до <i>stop</i> с заданным шагом (<i>step</i>)

Если заданный шаг (*step*) положительный, а *start* оказывается больше *stop*, эти функции возвращают 0 строк. Тот же результат будет, если *step* меньше 0, а *start* меньше *stop*, или если какой-либо аргумент равен `NULL`. Если же *step* будет равен 0, произойдёт ошибка. Несколько примеров:

```
SELECT * FROM generate_series(2,4);
generate_series
```

```
-----
2
3
4
```

(3 rows)

```
SELECT * FROM generate_series(5,1,-2);
generate_series
```

```
-----
5
3
1
```

(3 rows)

```
SELECT * FROM generate_series(4,3);
generate_series
```

```
-----
(0 rows)
```

```

SELECT generate_series(1.1, 4, 1.3);
generate_series
-----
          1.1
          2.4
          3.7
(3 rows)

-- этот пример задействует оператор прибавления к дате целого числа
SELECT current_date + s.a AS dates FROM generate_series(0,14,7) AS s(a);
dates
-----
2004-02-05
2004-02-12
2004-02-19
(3 rows)

SELECT * FROM generate_series('2008-03-01 00:00'::timestamp,
                              '2008-03-04 12:00', '10 hours');
generate_series
-----
2008-03-01 00:00:00
2008-03-01 10:00:00
2008-03-01 20:00:00
2008-03-02 06:00:00
2008-03-02 16:00:00
2008-03-03 02:00:00
2008-03-03 12:00:00
2008-03-03 22:00:00
2008-03-04 08:00:00
(9 rows)

```

Таблица 9.59. Функции, генерирующие индексы массивов

Функция	Тип результата	Описание
<code>generate_subscripts(array anyarray, dim int)</code>	setof int	Выдаёт ряд значений для использования в качестве индекса данного массива.
<code>generate_subscripts(array anyarray, dim int, reverse boolean)</code>	setof int	Выдаёт ряд значений для использования в качестве индекса данного массива. Если параметр <i>reverse</i> равен true, значения выдаются от большего к меньшему.

Функция `generate_subscripts` позволяет упростить получение всего набора индексов для указанной размерности заданного массива. Она выдаёт 0 строк, если в массиве нет указанной размерности или сам массив равен NULL (хотя для элементов, равных NULL, индексы будут выданы, как и для любых других). Взгляните на следующие примеры:

```

-- простой пример использования
SELECT generate_subscripts('{NULL,1,NULL,2}'::int[], 1) AS s;
s
---
1
2
3

```

```

4
(4 rows)

-- для показанного массива получение индекса и обращение
-- к элементу по индексу выполняется с помощью подзапроса
SELECT * FROM arrays;
      a
-----
{-1,-2}
{100,200,300}
(2 rows)

SELECT a AS array, s AS subscript, a[s] AS value
FROM (SELECT generate_subscripts(a, 1) AS s, a FROM arrays) foo;
      array      | subscript | value
-----+-----+-----
{-1,-2}          |          1 |    -1
{-1,-2}          |          2 |    -2
{100,200,300}    |          1 |   100
{100,200,300}    |          2 |   200
{100,200,300}    |          3 |   300
(5 rows)

-- разворачивание двумерного массива
CREATE OR REPLACE FUNCTION unnest2(anyarray)
RETURNS SETOF anyelement AS $$
select $1[i][j]
      from generate_subscripts($1,1) g1(i),
           generate_subscripts($1,2) g2(j);
$$ LANGUAGE sql IMMUTABLE;
CREATE FUNCTION
SELECT * FROM unnest2(ARRAY[[1,2],[3,4]]);
unnest2
-----
1
2
3
4
(4 rows)

```

Когда после функции в предложении FROM добавляется WITH ORDINALITY, в выходные данные добавляется столбец типа bigint, числа в котором начинаются с 1 и увеличиваются на 1 для каждой строки, выданной функцией. В первую очередь это полезно для функций, возвращающих множества, например, unnest().

```

-- функция, возвращающая множество, с нумерацией
SELECT * FROM pg_ls_dir('.') WITH ORDINALITY AS t(ls,n);
      ls      | n
-----+-----
pg_serial     | 1
pg_twophase   | 2
postmaster.opts | 3
pg_notify     | 4
postgresql.conf | 5
pg_tblspc     | 6
logfile       | 7
base          | 8
postmaster.pid | 9

```



```
pg_ident.conf      | 10
global            | 11
pg_xact           | 12
pg_snapshots      | 13
pg_multixact       | 14
PG_VERSION        | 15
pg_wal            | 16
pg_hba.conf       | 17
pg_stat_tmp       | 18
pg_subtrans       | 19
(19 строк)
```

9.25. Системные информационные функции

В Таблице 9.60 перечислен ряд функций, предназначенных для получения информации о текущем сеансе и системе.

В дополнение к перечисленным здесь функциям существуют также функции, связанные с подсистемой статистики, которые тоже предоставляют системную информацию. Подробнее они рассматриваются в Подразделе 28.2.2.

Таблица 9.60. Функции получения информации о сеансе

Имя	Тип результата	Описание
current_catalog	name	имя текущей базы данных (в стандарте SQL она называется «каталогом»)
current_database()	name	имя текущей базы данных
current_query()	text	текст запроса, выполняемого в данный момент, в том виде, в каком его передал клиент (может состоять из нескольких операторов)
current_role	name	синоним current_user
current_schema [()]	name	имя текущей схемы
current_schemas(boolean)	name[]	имена схем в пути поиска, возможно включая схемы, добавляемые в него неявно
current_user	name	имя пользователя в текущем контексте выполнения
inet_client_addr()	inet	адрес удалённой стороны соединения
inet_client_port()	int	порт удалённой стороны соединения
inet_server_addr()	inet	адрес локальной стороны соединения
inet_server_port()	int	порт локальной стороны соединения
pg_backend_pid()	int	код серверного процесса, обслуживающего текущий сеанс
pg_blocking_pids(int)	int[]	идентификаторы процессов, не дающих серверному процессу с определённым ID получить блокировку

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_conf_load_time()</code>	timestamp with time zone	время загрузки конфигурации
<code>pg_current_logfile([text])</code>	text	имя файла главного журнала или журнала в заданном формате, который в настоящее время используется сборщиком сообщений
<code>pg_my_temp_schema()</code>	oid	OID временной схемы этого сеанса или 0, если её нет
<code>pg_is_other_temp_schema(oid)</code>	boolean	является ли заданная схема временной в другом сеансе?
<code>pg_jit_available()</code>	boolean	доступна ли JIT-компиляция в данном сеансе (см. Главу 32)? Возвращает <code>false</code> , если параметр <code>jit</code> равен <code>false</code> .
<code>pg_listening_channels()</code>	setof text	имена каналов, по которым текущий сеанс принимает сигналы
<code>pg_notification_queue_usage()</code>	double	занятая доля очереди асинхронных уведомлений (0-1)
<code>pg_postmaster_start_time()</code>	timestamp with time zone	время запуска сервера
<code>pg_safe_snapshot_blocking_pids(int)</code>	int[]	Идентификаторы процессов, не дающих серверному процессу с определённым ID получить безопасный снимок
<code>pg_trigger_depth()</code>	int	текущий уровень вложенности в триггерах PostgreSQL (0, если эта функция вызывается (прямо или косвенно) не из тела триггера)
<code>session_user</code>	name	имя пользователя сеанса
<code>user</code>	name	синоним <code>current_user</code>
<code>version()</code>	text	информация о версии PostgreSQL. Также можно прочитать версию в машинно-ориентированном виде, обратившись к переменной <code>server_version_num</code> .

Примечание

Функции `current_catalog`, `current_role`, `current_schema`, `current_user`, `session_user` и `user` имеют особый синтаксический статус в SQL: они должны вызываться без скобок после имени. (PostgreSQL позволяет добавить скобки в вызове `current_schema`, но не других функций.)

Функция `session_user` обычно возвращает имя пользователя, установившего текущее соединение с базой данных, но суперпользователи могут изменить это имя, выполнив команду `SET SESSION AUTHORIZATION`. Функция `current_user` возвращает идентификатор пользователя, по которому будут проверяться его права. Обычно это тот же пользователь, что и пользователь сеанса, но его

можно сменить с помощью SET ROLE. Этот идентификатор также меняется при выполнении функций с атрибутом SECURITY DEFINER. На языке Unix пользователь сеанса называется «реальным», а текущий — «эффективным». Имена `current_role` и `user` являются синонимами `current_user`. (В стандарте SQL `current_role` и `current_user` имеют разное значение, но в PostgreSQL они не различаются, так как пользователи и роли объединены в единую сущность.)

Функция `current_schema` возвращает имя схемы, которая стоит первой в пути поиска (или NULL, если путь поиска пуст). Эта схема будет задействована при создании таблиц или других именованных объектов, если целевая схема не указана явно. Функция `current_schemas(boolean)` возвращает массив имён всех схем, находящихся в пути поиска. Её логический параметр определяет, будут ли включаться в результат неявно добавляемые в путь поиска системные схемы, такие как `pg_catalog`.

Примечание

Путь поиска можно изменить во время выполнения следующей командой:

```
SET search_path TO схема [, схема, ...]
```

Функция `inet_client_addr` возвращает IP-адрес текущего клиента, `inet_client_port` — номер его порта, `inet_server_addr` — IP-адрес сервера, по которому он принял подключение клиента, а `inet_server_port` — соответствующий номер порта. Все эти функции возвращают NULL, если текущее соединение устанавливается через Unix-сокеты.

Функция `pg_blocking_pids` возвращает массив идентификаторов процессов сеансов, которые блокирует серверный процесс с указанным идентификатором, либо пустой массив, если такой серверный процесс не найден или не заблокирован. Один серверный процесс блокирует другой, если он либо удерживает блокировку, конфликтующую с блокировкой, запрашиваемой серверным процессом (жёсткая блокировка), либо ждёт блокировки, которая вызвала бы конфликт с запросом блокировки заблокированного процесса и находится перед ней в очереди ожидания (мягкая блокировка). При распараллеливании запросов эта функция всегда выдаёт видимые клиентом идентификаторы процессов (то есть, результаты `pg_backend_pid`), даже если фактическая блокировка удерживается или ожидается дочерним рабочим процессом. Вследствие этого, в результатах могут оказаться дублирующиеся PID. Также заметьте, что когда конфликтующую блокировку удерживает подготовленная транзакция, в выводе этой функции она будет представлена нулевым ID процесса. Частые вызовы этой функции могут отразиться на производительности базы данных, так как ей нужен монопольный доступ к общему состоянию менеджера блокировок, хоть и на короткое время.

Функция `pg_conf_load_time` возвращает время (timestamp with time zone), когда в последний раз сервер загружал файлы конфигурации. (Если текущий сеанс начался раньше, она возвращает время, когда эти файлы были перезагружены для данного сеанса, так что в разных сеансах это значение может немного различаться. В противном случае это будет время, когда файлы конфигурации считал главный процесс.)

Функция `pg_current_logfile` возвращает в значении text путь к файлам журналов, в настоящее время используемым сборщиком сообщений. Этот путь состоит из каталога `log_directory` и имени файла журнала. Если сборщик сообщений отключён, возвращается значение NULL. Если ведутся несколько журналов в разных форматах, при вызове функции `pg_current_logfile` без аргументов возвращается путь файла, имеющего первый формат по порядку из следующего списка: `stderr`, `csvlog`. Если файл журнала имеет какой-то иной формат, возвращается NULL. Чтобы запросить файл в определённом формате, передайте либо `csvlog`, либо `stderr` в качестве значения необязательного параметра типа text. Если запрошенный формат не включён в `log_destination`, будет возвращено значение NULL. Функция `pg_current_logfiles` отражает содержимое файла `current_logfiles`.

`pg_my_temp_schema` возвращает OID временной схемы текущего сеанса или 0, если такой нет (в рамках сеанса не создавались временные таблицы). `pg_is_other_temp_schema` возвращает true, ес-

ли заданный OID относится к временной схеме другого сеанса. (Это может быть полезно, например для исключения временных таблиц других сеансов из общего списка при просмотре таблиц базы данных.)

Функция `pg_listening_channels` возвращает набор имён каналов асинхронных уведомлений, на которые подписан текущий сеанс. Функция `pg_notification_queue_usage` возвращает долю от всего свободного пространства для уведомлений, в настоящее время занятую уведомлениями, ожидающими обработки, в виде значения `double` в диапазоне 0..1. За дополнительными сведениями обратитесь к `LISTEN` и `NOTIFY`.

`pg_postmaster_start_time` возвращает время (timestamp with time zone), когда был запущен сервер.

Функция `pg_safe_snapshot_blocking_pids` возвращает массив идентификаторов процессов сеансов, которые блокируют серверный процесс с указанным идентификатором (не дают получить ему безопасный снимок), либо пустой массив, если такой серверный процесс не найден или не заблокирован. Сеанс, выполняющий транзакцию уровня `SERIALIZABLE`, блокирует транзакцию `SERIALIZABLE READ ONLY DEFERRABLE`, не давая ей получить снимок, пока она не определит, что можно безопасно избежать установления предикатных блокировок. За дополнительными сведениями о сериализуемых и откладываемых транзакциях обратитесь к Подразделу 13.2.3. Частые вызовы этой функции могут отразиться на производительности базы данных, так как ей нужен доступ к общему состоянию менеджера предикатных блокировок, хоть и на короткое время.

Функция `version` возвращает строку, описывающую версию сервера PostgreSQL. Эту информацию также можно получить из переменной `server_version` или, в более машинно-ориентированном формате, из переменной `server_version_num`. При разработке программ следует использовать `server_version_num` (она появилась в версии 8.2) либо `PQserverVersion`, а не разбирать текстовую версию.

В Таблице 9.61 перечислены функции, позволяющую пользователю программно проверить свои права доступа к объектам. Подробнее о правах можно узнать в Разделе 5.6.

Таблица 9.61. Функции для проверки прав доступа

Имя	Тип результата	Описание
<code>has_any_column_privilege (user, table, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для какого-либо столбца таблицы
<code>has_any_column_privilege (table, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для какого-либо столбца таблицы
<code>has_column_privilege (user, table, column, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для столбца
<code>has_column_privilege (table, column, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для столбца
<code>has_database_privilege (user, database, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для базы данных
<code>has_database_privilege (database, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для базы данных
<code>has_foreign_data_wrapper_privilege (user, fdw, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для обёртки сторонних данных

Имя	Тип результата	Описание
<code>has_foreign_data_wrapper_privilege (fdw, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для обёртки сторонних данных
<code>has_function_privilege (user, function, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для функции
<code>has_function_privilege (function, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для функции
<code>has_language_privilege (user, language, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для языка
<code>has_language_privilege (language, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для языка
<code>has_schema_privilege (user, schema, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для схемы
<code>has_schema_privilege (schema, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для схемы
<code>has_sequence_privilege (user, sequence, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для последовательности
<code>has_sequence_privilege (sequence, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для последовательности
<code>has_server_privilege (user, server, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для стороннего сервера
<code>has_server_privilege (server, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для стороннего сервера
<code>has_table_privilege (user, table, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для таблицы
<code>has_table_privilege (table, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для таблицы
<code>has_tablespace_privilege (user, tablespace, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для табличного пространства
<code>has_tablespace_privilege (tablespace, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для табличного пространства
<code>has_type_privilege (user, type, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для типа
<code>has_type_privilege (type, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для типа
<code>pg_has_role (user, role, privilege)</code>	boolean	имеет ли пользователь указанное право для роли
<code>pg_has_role (role, privilege)</code>	boolean	имеет ли текущий пользователь указанное право для роли
<code>row_security_active (table)</code>	boolean	включена ли для текущего пользователя защита на уровне строк для таблицы

`has_table_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять с таблицей заданные действия. В качестве идентификатора пользователя можно задать его имя, OID (`pg_authid.oid`) или `public` (это будет указывать на псевдороль `PUBLIC`). Если этот аргумент опущен, подразумевается текущий пользователь (`current_user`). Таблицу можно указать по имени или по OID. (Таким образом, фактически есть шесть вариантов функции `has_table_privilege`, различающихся по числу и типу аргументов.) Когда указывается имя объекта, его можно дополнить именем схемы, если это необходимо. Интересующее право доступа записывается в виде текста и может быть одним из следующих: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE`, `REFERENCES` и `TRIGGER`. Дополнительно к названию права можно добавить `WITH GRANT OPTION` и проверить, разрешено ли пользователю передавать это право другим. Кроме того, в одном параметре можно перечислить несколько названий прав через запятую, и тогда функция возвратит `true`, если пользователь имеет одно из этих прав. (Регистр в названии прав не имеет значения, а между ними (но не внутри) разрешены пробельные символы.) Пара примеров:

```
SELECT has_table_privilege('myschema.mytable', 'select');
SELECT has_table_privilege('joe', 'mytable',
    'INSERT, SELECT WITH GRANT OPTION');
```

`has_sequence_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с последовательностью. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Допустимые для неё права складываются из `USAGE`, `SELECT` и `UPDATE`.

`has_any_column_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с каким-либо столбцом таблицы. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`, а допустимые права складываются из `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `REFERENCES`. Заметьте, что любое из этих прав, назначенное на уровне таблицы, автоматически распространяется на все её столбцы, так что `has_any_column_privilege` всегда возвращает `true`, если `has_table_privilege` даёт положительный ответ для тех же аргументов. Но `has_any_column_privilege` возвращает `true` ещё и тогда, когда право назначено только для некоторых столбцов.

`has_column_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия со столбцом таблицы. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`, с небольшим дополнением: столбец можно задать по имени или номеру атрибута. Для неё допустимые права складываются из `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `REFERENCES`. Заметьте, что любое из этих прав, назначенное на уровне таблицы, автоматически распространяется на все столбцы таблицы.

`has_database_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с базой данных. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимые права складываются из `CREATE`, `CONNECT` и `TEMPORARY` (или `TEMP`, что равносильно `TEMPORARY`).

`has_function_privilege` проверяет, может ли пользователь обратиться к заданной функции. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Когда функция определяется не своим OID, а текстовой строкой, эта строка должна быть допустимой для вводимого значения типа `regprocedure` (см. Раздел 8.19). Для этой функции допустимо только право `EXECUTE`. Например:

```
SELECT has_function_privilege('joeuser', 'myfunc(int, text)', 'execute');
```

`has_foreign_data_wrapper_privilege` проверяет, может ли пользователь обращаться к обёртке сторонних данных. В определении аргументов она аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимо только право `USAGE`.

`has_language_privilege` проверяет, может ли пользователь обращаться к процедурному языку. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимо только право `USAGE`.

`has_schema_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия со схемой. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимые права складываются из `CREATE` и `USAGE`.

`has_server_privilege` проверяет, может ли пользователь обращаться к стороннему серверу. В определении аргументов она аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимо только право `USAGE`.

`has_tablespace_privilege` проверяет, может ли пользователь выполнять заданное действие в табличном пространстве. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`. Для неё допустимо только право `CREATE`.

`has_type_privilege` проверяет, может ли пользователь обратиться к типу определённым образом. Возможные аргументы аналогичны `has_table_privilege`. При указании типа текстовой строкой, а не по `OID`, допускаются те же входные значения, что и для типа данных `regtype` (см. Раздел 8.19). Для неё допустимо только право `USAGE`.

`pg_has_role` проверяет, может ли пользователь выполнять заданные действия с ролью. В определении аргументов эта функция аналогична `has_table_privilege`, за исключением того, что именем пользователя не может быть `public`. Для неё допустимые права складываются из `MEMBER` и `USAGE`. `MEMBER` обозначает прямое или косвенное членство в данной роли (то есть наличие права выполнить команду `SET ROLE`), тогда как `USAGE` показывает, что пользователь получает все права роли сразу, без `SET ROLE`.

`row_security_active` проверяет, включена ли защита на уровне строк для указанной таблицы в контексте и окружении текущего пользователя (`current_user`). Таблицу можно задать по имени или `OID`.

В Таблице 9.62 перечислены функции, определяющие *видимость* объекта с текущим путём поиска схем. К примеру, таблица считается видимой, если содержащая её схема включена в путь поиска и нет другой таблицы с тем же именем, которая была бы найдена по пути поиска раньше. Другими словами, к этой таблице можно будет обратиться просто по её имени, без явного указания схемы. Просмотреть список всех видимых таблиц можно так:

```
SELECT relname FROM pg_class WHERE pg_table_is_visible(oid);
```

Таблица 9.62. Функции для определения видимости

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_collation_is_visible(collation_oid)</code>	boolean	видимо ли правило сортировки
<code>pg_conversion_is_visible(conversion_oid)</code>	boolean	видимо ли преобразование
<code>pg_function_is_visible(function_oid)</code>	boolean	видима ли функция
<code>pg_opclass_is_visible(opclass_oid)</code>	boolean	видим ли класс операторов
<code>pg_operator_is_visible(operator_oid)</code>	boolean	видим ли оператор
<code>pg_opfamily_is_visible(opclass_oid)</code>	boolean	видимо ли семейство операторов
<code>pg_statistics_obj_is_visible(stat_oid)</code>	boolean	видим ли объект статистики в пути поиска
<code>pg_table_is_visible(table_oid)</code>	boolean	видима ли таблица
<code>pg_ts_config_is_visible(config_oid)</code>	boolean	видима ли конфигурация текстового поиска
<code>pg_ts_dict_is_visible(dict_oid)</code>	boolean	видим ли словарь текстового поиска

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_ts_parser_is_visible(parser_oid)</code>	boolean	видим ли анализатор текстового поиска
<code>pg_ts_template_is_visible(template_oid)</code>	boolean	видим ли шаблон текстового поиска
<code>pg_type_is_visible(type_oid)</code>	boolean	видим ли тип (или домен)

Каждая из этих функций проверяет видимость объектов определённого типа. Заметьте, что `pg_table_is_visible` можно также использовать для представлений, материализованных представлений, индексов, последовательностей и сторонних таблиц; `pg_function_is_visible` — для процедур и агрегатных функций; `pg_type_is_visible` — для доменов. Для функций и операторов объект считается видимым в пути поиска, если при просмотре пути не находится предшествующий ему другой объект с тем же именем *и типами аргументов*. Для классов операторов во внимание принимается и имя оператора, и связанный с ним метод доступа к индексу.

Всем этим функциям должен передаваться OID проверяемого объекта. Если вы хотите проверить объект по имени, удобнее использовать типы-псевдонимы OID (`regclass`, `regtype`, `regprocedure`, `regoperator`, `regconfig` или `regdictionary`), например:

```
SELECT pg_type_is_visible('myschema.widget'::regtype);
```

Заметьте, что проверять таким способом имена без указания схемы не имеет большого смысла — если имя удастся распознать, значит и объект будет видимым.

В Таблице 9.63 перечислены функции, извлекающие информацию из системных каталогов.

Таблица 9.63. Функции для обращения к системным каталогам

Имя	Тип результата	Описание
<code>format_type(type_oid , typemod)</code>	text	получает имя типа данных в формате SQL
<code>pg_get_constraintdef(constraint_oid)</code>	text	получает определение ограничения
<code>pg_get_constraintdef(constraint_oid , pretty_bool)</code>	text	получает определение ограничения
<code>pg_get_expr(pg_node_tree , relation_oid)</code>	text	декомпилирует внутреннюю форму выражения, в предположении, что все переменные в нём ссылаются на таблицу или отношение, указанное вторым параметром
<code>pg_get_expr(pg_node_tree , relation_oid , pretty_bool)</code>	text	декомпилирует внутреннюю форму выражения, в предположении, что все переменные в нём ссылаются на таблицу или отношение, указанное вторым параметром
<code>pg_get_functiondef(func_oid)</code>	text	получает определение функции или процедуры
<code>pg_get_function_arguments(func_oid)</code>	text	получает список аргументов из определения функции или процедуры (со значениями по умолчанию)

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_get_function_identity_arguments(func_oid)</code>	text	получает список аргументов, идентифицирующий функцию или процедуру (без значений по умолчанию)
<code>pg_get_function_result(func_oid)</code>	text	получает предложение RETURNS для функции (для процедуры возвращает NULL)
<code>pg_get_indexdef(index_oid)</code>	text	получает команду CREATE INDEX для индекса
<code>pg_get_indexdef(index_oid , column_no , pretty_bool)</code>	text	получает команду CREATE INDEX для индекса или определение одного индексированного столбца, когда <i>column_no</i> не равен 0
<code>pg_get_keywords()</code>	setof record	получает список ключевых слов SQL по категориям
<code>pg_get_ruledef(rule_oid)</code>	text	получает команду CREATE RULE для правила
<code>pg_get_ruledef(rule_oid , pretty_bool)</code>	text	получает команду CREATE RULE для правила
<code>pg_get_serial_sequence(table_name , column_name)</code>	text	получает имя последовательности, используемой столбцом идентификации или столбцом serial
<code>pg_get_statisticsobjdef(statobj_oid)</code>	text	получает команду CREATE STATISTICS для объекта расширенной статистики
<code>pg_get_triggerdef(trigger_oid)</code>	text	получает команду CREATE [CONSTRAINT] TRIGGER для триггера
<code>pg_get_triggerdef(trigger_oid , pretty_bool)</code>	text	получает команду CREATE [CONSTRAINT] TRIGGER для триггера
<code>pg_get_userbyid(role_oid)</code>	name	получает имя роли по заданному OID
<code>pg_get_viewdef(view_name)</code>	text	получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление (<i>устаревшая функция</i>)
<code>pg_get_viewdef(view_name , pretty_bool)</code>	text	получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление (<i>устаревшая функция</i>)
<code>pg_get_viewdef(view_oid)</code>	text	получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление
<code>pg_get_viewdef(view_oid , pretty_bool)</code>	text	получает команду SELECT, определяющую представление или

Имя	Тип результата	Описание
		материализованное представление
<code>pg_get_viewdef(view_oid , wrap_column_int)</code>	text	получает команду SELECT, определяющую представление или материализованное представление; при необходимости разбивает строки с полями, выходящие за wrap_int символов, подразумевая форматированный вывод
<code>pg_index_column_has_property(index_oid , column_no , prop_name)</code>	boolean	проверяет, имеет ли столбец индекса заданное свойство
<code>pg_index_has_property(index_oid , prop_name)</code>	boolean	проверяет, имеет ли индекс заданное свойство
<code>pg_indexam_has_property(am_oid , prop_name)</code>	boolean	проверяет, имеет ли метод доступа индекса заданное свойство
<code>pg_options_to_table(reloptions)</code>	setof record	получает набор параметров хранилища в виде имя/значение
<code>pg_tablespace_databases(tablespace_oid)</code>	setof oid	получает или устанавливает OID баз данных, объекты которых содержатся в заданном табличном пространстве
<code>pg_tablespace_location(tablespace_oid)</code>	text	получает путь в файловой системе к местоположению заданного табличного пространства
<code>pg_typeof(any)</code>	regtype	получает тип данных любого значения
<code>collation for (any)</code>	text	получает правило сортировки для аргумента
<code>to_regclass(rel_name)</code>	regclass	получает OID указанного отношения
<code>to_regproc(func_name)</code>	regproc	получает OID указанной функции
<code>to_regprocedure(func_name)</code>	regprocedure	получает OID указанной функции
<code>to_regoper(имя_оператора)</code>	regoper	получает OID указанного оператора
<code>to_regoperator(имя_оператора)</code>	regoperator	получает OID указанного оператора
<code>to_regtype(type_name)</code>	regtype	получает OID указанного типа
<code>to_regnamespace(schema_name)</code>	regnamespace	получает OID указанной схемы
<code>to_regrole(role_name)</code>	regrole	получает OID указанной роли

`format_type` возвращает в формате SQL имя типа данных, определяемого по OID и, возможно, модификатору типа. Если модификатор неизвестен, вместо него можно передать NULL.

`pg_get_keywords` возвращает таблицу с ключевыми словами SQL, которые воспринимает сервер. Столбец `word` содержит ключевое слово, а `catcode` — код категории: U — не зарезервировано, C — имя столбца, T — имя типа или функции, R — зарезервировано. Столбец `catdesc` содержит возможно локализованное описание категории.

`pg_get_constraintdef`, `pg_get_indexdef`, `pg_get_ruledef`, `pg_get_statisticsobjdef` и `pg_get_triggerdef` восстанавливают команду, создававшую заданное ограничение, индекс, правило, объект статистики или триггер, соответственно. (Учтите, что они возвращают не изначальный текст команды, а результат декомпиляции.) `pg_get_expr` декомпилирует внутреннюю форму отдельного выражения, например значения по умолчанию для столбца. Это может быть полезно для изучения содержимого системных каталогов. Если выражение может содержать переменные, укажите во втором параметре OID отношения, на который они ссылаются; если таких переменных нет, вместо OID можно передать 0. `pg_get_viewdef` восстанавливает запрос `SELECT`, определяющий представление. Многие из этих функций имеют две версии, одна из которых позволяет получить форматированный вывод (с параметром `pretty_bool`). Форматированный текст легче читается, но нет гарантии, что он будет всегда восприниматься одинаково будущими версиями PostgreSQL; поэтому не следует применять форматирование при выгрузке метаданных. Если в параметре `pretty_bool` передаётся `false`, эта версия функции выдаёт тот же результат, что и версия без параметров.

`pg_get_functiondef` возвращает полный оператор `CREATE OR REPLACE FUNCTION` для заданной функции. `pg_get_function_arguments` возвращает список аргументов функции, в виде достаточном для включения в команду `CREATE FUNCTION`. `pg_get_function_result` в дополнение возвращает готовое предложение `RETURNS` для функции. `pg_get_function_identity_arguments` возвращает список аргументов, достаточный для однозначной идентификации функции, в форме, допустимой, например для команды `ALTER FUNCTION`. Значения по умолчанию в этой форме опускаются.

`pg_get_serial_sequence` возвращает имя последовательности, связанной со столбцом, либо `NULL`, если такой последовательности нет. Для столбца идентификации это будет последовательность, связанная с ним внутренним образом. Для столбцов, имеющих один из последовательных типов (`serial`, `smallserial`, `bigserial`), это последовательность, созданная объявлением данного столбца. В последнем случае эту связь можно изменить или разорвать, воспользовавшись командой `ALTER SEQUENCE OWNED BY`. (Возможно, эту функцию стоило назвать `pg_get_owned_sequence`; её существующее имя отражает тот факт, что она обычно используется со столбцами `serial` или `bigserial`.) В первом параметре функции указывается имя таблицы, возможно дополненное схемой, а во втором имя столбца. Так как первый параметр может содержать имя схемы и таблицы, он воспринимается не как идентификатор в кавычках и поэтому по умолчанию приводится к нижнему регистру, тогда как имя столбца во втором параметре воспринимается как заключённое в кавычки и в нём регистр символов сохраняется. Эта функция возвращает имя в виде, пригодном для передачи функциям, работающим с последовательностями (см. Раздел 9.16). Обычно она применяется для получения текущего значения последовательности для столбца идентификации или последовательного столбца, например:

```
SELECT currval(pg_get_serial_sequence('sometable', 'id'));
```

`pg_get_userbyid` получает имя роли по её OID.

Функции `pg_index_column_has_property`, `pg_index_has_property` и `pg_indexam_has_property` показывают, обладает ли указанный столбец индекса, индекс или метод доступа индекса заданным свойством. Они возвращают `NULL`, если имя свойства неизвестно или неприменимо к конкретному объекту, либо если OID или номер столбца не указывают на действительный объект. Описание свойств столбцов вы можете найти в Таблице 9.64, свойства индексов описаны в Таблице 9.65, а свойства методов доступа — в Таблица 9.66. (Заметьте, что методы доступа, реализуемые расширениями, могут определять для своих индексов дополнительные имена свойств.)

Таблица 9.64. Свойства столбца индекса

Имя	Описание
<code>asc</code>	Сортируется ли столбец по возрастанию при сканировании вперёд?

Имя	Описание
desc	Сортируется ли столбец по убыванию при сканировании вперёд?
nulls_first	Выдаются ли NULL в начале при сканировании вперёд?
nulls_last	Выдаются ли NULL в конце при сканировании вперёд?
orderable	Связан ли со столбцом некоторый порядок сортировки?
distance_orderable	Может ли столбец сканироваться по порядку оператором «расстояния», например, ORDER BY столбец <-> константа ?
returnable	Может ли значение столбца быть получено при сканировании только индекса?
search_array	Поддерживает ли столбец внутренними средствами поиск столбец = ANY(массив) ?
search_nulls	Поддерживает ли столбец поиск IS NULL и IS NOT NULL?

Таблица 9.65. Свойства индекса

Имя	Описание
clusterable	Может ли индекс использоваться в команде CLUSTER?
index_scan	Поддерживает ли индекс простое сканирование (не по битовой карте)?
bitmap_scan	Поддерживает ли индекс сканирование по битовой карте?
backward_scan	Может ли в процессе сканирования меняться направление (для поддержки перемещения курсора FETCH BACKWARD без необходимости материализации)?

Таблица 9.66. Свойства метода доступа индекса

Имя	Описание
can_order	Поддерживает ли метод доступа ASC, DESC и связанные ключевые слова в CREATE INDEX?
can_unique	Поддерживает ли метод доступа уникальные индексы?
can_multi_col	Поддерживает ли метод доступа индексы по нескольким столбцам?
can_exclude	Поддерживает ли метод доступа ограничения-исключения?
can_include	Поддерживает ли метод доступа предложение INCLUDE команды CREATE INDEX?

`pg_options_to_table` возвращает набор параметров хранилища в виде пар (имя_параметра/значение_параметра), когда ей передаётся `pg_class.reloptions` или `pg_attribute.attoptions`.

`pg_tablespace_databases` позволяет изучить содержимое табличного пространства. Она возвращает набор OID баз данных, объекты которых размещены в этом табличном пространстве. Если

эта функция возвращает строки, это означает, что табличное пространство не пустое и удалить его нельзя. Какие именно объекты находятся в табличном пространстве, можно узнать, подключаясь к базам данных, OID которых сообщила `pg_tablespace_databases`, и анализируя их каталоги `pg_class`.

`pg_typeof` возвращает OID типа данных для переданного значения. Это может быть полезно для разрешения проблем или динамического создания SQL-запросов. Эта функция объявлена как возвращающая тип `regtype`, который является псевдонимом типа OID (см. Раздел 8.19); это означает, что значение этого типа можно сравнивать как OID, но выводится оно как название типа. Например:

```
SELECT pg_typeof(33);

pg_typeof
-----
integer
(1 row)

SELECT typlen FROM pg_type WHERE oid = pg_typeof(33);
 typlen
-----
      4
(1 row)
```

Выражение `collation for` возвращает правило сортировки для переданного значения. Например:

```
SELECT collation for (description) FROM pg_description LIMIT 1;
pg_collation_for
-----
"default"
(1 row)

SELECT collation for ('foo' COLLATE "de_DE");
pg_collation_for
-----
"de_DE"
(1 row)
```

Это значение может быть заключено в кавычки и дополнено схемой. Если для выражения аргумента нет правила сортировки, возвращается значение NULL. Если же правила сортировки не применимы для типа аргумента, происходит ошибка.

Функции `to_regclass`, `to_regproc`, `to_regprocedure`, `to_regoper`, `to_regoperator`, `to_regtype`, `to_regnamespace` и `to_regrole` преобразуют имена отношений, функций, операторов, типов, схем и ролей (заданных значением `text`) в объекты типа `regclass`, `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regtype`, `regnamespace` и `regrole`, соответственно. Перечисленные функции отличаются от явных приведений к этим типам тем, что они не принимают числовые OID и возвращают NULL вместо ошибки, если имя не найдено (или, в случае с `to_regproc` и `to_regoper`, если данному имени соответствуют несколько объектов).

В Таблице 9.67 перечислены функции, связанные с идентификацией и адресацией объектов баз данных.

Таблица 9.67. Функции получения информации и адресации объектов

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_describe_object(classid oid, objid oid, objsubid integer)</code>	<code>text</code>	получает описание объекта базы данных

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_identify_object(classid oid, objid oid, objsubid integer)</code>	<code>type text, schema text, name text, identity text</code>	получает идентификатор объекта базы данных
<code>pg_identify_object_as_ address(classid oid, objid oid, objsubid integer)</code>	<code>type text, object_names text[], object_args text[]</code>	получает внешнее представление адреса объекта базы данных
<code>pg_get_object_address(type text, object_names text[], object_args text[])</code>	<code>classid oid, objid oid, objsubid integer</code>	получает адрес объекта базы данных из его внешнего представления

`pg_describe_object` возвращает текстовое описание объекта БД, идентифицируемого по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта (например, номер столбца в таблице; ID подобъекта равен нулю для объекта в целом). Это описание предназначено для человека и может переводиться, в зависимости от конфигурации сервера. С помощью этой функции, например, можно узнать, что за объект хранится в каталоге `pg_depend`.

`pg_identify_object` возвращает запись, содержащую достаточно информации для однозначной идентификации объекта БД по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта. Эта информация предназначена для машины и поэтому никогда не переводится. Столбец `type` содержит тип объекта БД; `schema` — имя схемы, к которой относится объект (либо NULL для объектов, не относящихся к схемам); `name` — имя объекта, при необходимости в кавычках, которое присутствует, только если оно (возможно, вместе со схемой) однозначно идентифицирует объект (в противном случае NULL); `identity` — полный идентификатор объекта, точный формат которого зависит от типа объекта, а каждая его часть дополняется схемой и заключается в кавычки, если требуется.

`pg_identify_object_as_address` возвращает запись, содержащую достаточно информации для однозначной идентификации объекта БД по OID каталога, OID объекта и ID подобъекта. Выдаваемая информация не зависит от текущего сервера, то есть по ней можно идентифицировать одноимённый объект на другом сервере. Поле `type` содержит тип объекта БД, а `object_names` и `object_args` — текстовые массивы, в совокупности формирующие ссылку на объект. Эти три значения можно передать функции `pg_get_object_address`, чтобы получить внутренний адрес объекта. Данная функция является обратной к `pg_get_object_address`.

`pg_get_object_address` возвращает запись, содержащую достаточно информации для уникальной идентификации объекта БД по его типу и массивам имён и аргументов. В ней возвращаются значения, которые используются в системных каталогах, например `pg_depend`, и могут передаваться в другие системные функции, например `pg_identify_object` или `pg_describe_object`. Поле `classid` содержит OID системного каталога, к которому относится объект; `objid` — OID самого объекта, а `objsubid` — идентификатор подобъекта или 0 в случае его отсутствия. Эта функция является обратной к `pg_identify_object_as_address`.

Функции, перечисленные в Таблице 9.68, извлекают комментарии, заданные для объектов с помощью команды COMMENT. Если найти комментарий для заданных параметров не удаётся, они возвращают NULL.

Таблица 9.68. Функции получения комментариев

Имя	Тип результата	Описание
<code>col_description(table_ oid , column_number)</code>	<code>text</code>	получает комментарий для столбца таблицы
<code>obj_description(object_ oid , catalog_name)</code>	<code>text</code>	получает комментарий для объекта базы данных
<code>obj_description(object_ oid)</code>	<code>text</code>	получает комментарий для объекта базы данных (устаревшая форма)

Имя	Тип результата	Описание
<code>shobj_description(object_oid , catalog_name)</code>	text	получает комментарий для разделяемого объекта баз данных

`col_description` возвращает комментарий для столбца с заданным номером в таблице с указанным OID. (`obj_description` нельзя использовать для столбцов таблицы, так столбцы не имеют собственных OID.)

Функция `obj_description` с двумя параметрами возвращает комментарий для объекта, имеющего заданный OID и находящегося в указанном системном каталоге. Например, `obj_description(123456, 'pg_class')` вернёт комментарий для таблицы с OID 123456. Форма `obj_description` с одним параметром принимает только OID. Она является устаревшей, так как значения OID могут повторяться в разных системных каталогах, и поэтому она может возвращать комментарий для другого объекта.

`shobj_description` работает подобно `obj_description`, но она получает комментарии для разделяемых объектов. Некоторые системные каталоги являются глобальными для всех баз данных в кластере и описания объектов в них также хранятся глобально.

Функции, перечисленные в Таблице 9.69, выдают информацию о транзакциях сервера в форме во внешнем представлении. В основном эти функции используются, чтобы определить, какие транзакции были зафиксированы между двумя снимками состояния.

Таблица 9.69. Идентификаторы транзакций и снимков состояния

Имя	Тип результата	Описание
<code>txid_current()</code>	bigint	получает идентификатор текущей транзакции и присваивает новый, если текущая транзакция его не имеет
<code>txid_current_if_assigned()</code>	bigint	работает аналогично <code>txid_current()</code> , но возвращает NULL, не присваивая новый идентификатор транзакции, если он ещё не присвоен
<code>txid_current_snapshot()</code>	txid_snapshot	получает код текущего снимка
<code>txid_snapshot_xip(txid_snapshot)</code>	setof bigint	возвращает идентификаторы выполняющихся транзакций в снимке
<code>txid_snapshot_xmax(txid_snapshot)</code>	bigint	возвращает значение xmax для заданного снимка
<code>txid_snapshot_xmin(txid_snapshot)</code>	bigint	возвращает значение xmin для заданного снимка
<code>txid_visible_in_snapshot(bigint, txid_snapshot)</code>	boolean	видима ли транзакция с указанным идентификатором в данном снимке? (коды подтранзакций не поддерживаются)
<code>txid_status(bigint)</code>	text	возвращает состояние заданной транзакции — committed (зафиксирована), aborted (прервана), in progress (выполняется) или NULL, если идентификатор транзакции слишком старый

Внутренний тип идентификаторов транзакций (xid) имеет размер 32 бита, поэтому они повторяются через 4 миллиарда транзакций. Однако эти функции выдают 64-битные значения, дополнен-

ные счётчиком «эпохи», так что эти значения останутся уникальными на протяжении всей жизни сервера. Используемый этими функциями тип данных `txid_snapshot` сохраняет информацию о видимости транзакций в определённый момент времени. Его состав описан в Таблице 9.70.

Таблица 9.70. Состав информации о снимке

Имя	Описание
<code>xmin</code>	Идентификатор самой ранней транзакции (<code>txid</code>) из активных. Все предыдущие транзакции либо зафиксированы и видимы, либо отменены и мертвы.
<code>xmax</code>	Первый <code>txid</code> из ещё не назначенных. На момент снимка не было запущенных (а значит и видимых) транзакций с идентификатором, большим или равным данному.
<code>xip_list</code>	Список идентификаторов транзакций, активных в момент снимка. Он включает только идентификаторы с номерами от <code>xmin</code> до <code>xmax</code> ; хотя уже могут быть транзакции с идентификаторами больше <code>xmax</code> . Если в этом списке не оказывается идентификатора транзакции <code>xmin ≤ txid < xmax</code> , это означает, что она уже не выполнялась к моменту снимка и, таким образом, видима или мертва, в зависимости от типа завершения. Идентификаторы подтранзакций в этот список не включаются.

В текстовом виде `txid_snapshot` представляется как `xmin:xmax:xip_list`. Например, `10:20:10,14,15` означает `xmin=10`, `xmax=20`, `xip_list=10, 14, 15`.

Функция `txid_status(bigint)` выдаёт состояние фиксации последней транзакции. Проверяя его, приложения могут определить, была ли транзакция зафиксирована или прервана, когда приложение отключается от сервера баз данных в процессе выполнения `COMMIT`. Состояние транзакции может быть следующим: `in progress` (выполняется), `committed` (зафиксирована) и `aborted` (прервана), если только транзакция не настолько стара, чтобы система удалила информация о её состоянии фиксации. Если же она так стара, что упоминаний о ней в системе не осталось и информация о фиксации потеряна, эта функция возвращает `NULL`. Заметьте, что для подготовленных транзакций возвращается состояние `in progress`; приложения должны проверять `pg_prepared_xacts`, если им нужно определить, является ли транзакция «`txid`» подготовленной.

Функции, показанные в Таблице 9.71, выдают информацию об уже зафиксированных транзакциях. Они возвращают полезные данные, только когда включён параметр конфигурации `track_commit_timestamp` и только для транзакций, зафиксированных после его включения.

Таблица 9.71. Информация о фиксации транзакций

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_xact_commit_timestamp(xid)</code>	<code>timestamp with time zone</code>	выдаёт время фиксации транзакции
<code>pg_last_committed_xact()</code>	<code>xid xid, timestamp timestamp with time zone</code>	выдаёт идентификатор и время фиксации транзакции, зафиксированной последней

Функции, перечисленные в Таблице 9.72, выводят свойства, установленные командой `initdb`, например, версию каталога. Они также выводят сведения о работе журнала предзаписи и контрольных точках. Эта информация относится ко всему кластеру, а не к отдельной базе данных. Данные функции выдают практически всю ту же информацию, и из того же источника, что и `pg_controldata`, но в форме, более подходящей для функций SQL.

Таблица 9.72. Функции управления данными

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_control_checkpoint()</code>	record	Возвращает информацию о состоянии текущей контрольной точки.
<code>pg_control_system()</code>	record	Возвращает информацию о текущем состоянии управляющего файла.
<code>pg_control_init()</code>	record	Возвращает информацию о состоянии инициализации кластера.
<code>pg_control_recovery()</code>	record	Возвращает информацию о состоянии восстановления.

Функция `pg_control_checkpoint` возвращает запись, показанную в Таблице 9.73.

Таблица 9.73. Столбцы результата `pg_control_checkpoint`

Имя столбца	Тип данных
<code>checkpoint_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>
<code>redo_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>
<code>redo_wal_file</code>	text
<code>timeline_id</code>	integer
<code>prev_timeline_id</code>	integer
<code>full_page_writes</code>	boolean
<code>next_xid</code>	text
<code>next_oid</code>	oid
<code>next_multixact_id</code>	xid
<code>next_multi_offset</code>	xid
<code>oldest_xid</code>	xid
<code>oldest_xid_dbid</code>	oid
<code>oldest_active_xid</code>	xid
<code>oldest_multi_xid</code>	xid
<code>oldest_multi_dbid</code>	oid
<code>oldest_commit_ts_xid</code>	xid
<code>newest_commit_ts_xid</code>	xid
<code>checkpoint_time</code>	timestamp with time zone

Функция `pg_control_system` возвращает запись, показанную в Таблице 9.74.

Таблица 9.74. Столбцы результата `pg_control_system`

Имя столбца	Тип данных
<code>pg_control_version</code>	integer
<code>catalog_version_no</code>	integer
<code>system_identifier</code>	bigint
<code>pg_control_last_modified</code>	timestamp with time zone

Функция `pg_control_init` возвращает запись, показанную в Таблице 9.75.

Таблица 9.75. Столбцы результата `pg_control_init`

Имя столбца	Тип данных
<code>max_data_alignment</code>	<code>integer</code>
<code>database_block_size</code>	<code>integer</code>
<code>blocks_per_segment</code>	<code>integer</code>
<code>wal_block_size</code>	<code>integer</code>
<code>bytes_per_wal_segment</code>	<code>integer</code>
<code>max_identifier_length</code>	<code>integer</code>
<code>max_index_columns</code>	<code>integer</code>
<code>max_toast_chunk_size</code>	<code>integer</code>
<code>large_object_chunk_size</code>	<code>integer</code>
<code>float4_pass_by_value</code>	<code>boolean</code>
<code>float8_pass_by_value</code>	<code>boolean</code>
<code>data_page_checksum_version</code>	<code>integer</code>

Функция `pg_control_recovery` возвращает запись, показанную в Таблице 9.76

Таблица 9.76. Столбцы результата `pg_control_recovery`

Имя столбца	Тип данных
<code>min_recovery_end_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>
<code>min_recovery_end_timeline</code>	<code>integer</code>
<code>backup_start_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>
<code>backup_end_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>
<code>end_of_backup_record_required</code>	<code>boolean</code>

9.26. Функции для системного администрирования

Функции, описанные в этом разделе, предназначены для контроля и управления сервером PostgreSQL.

9.26.1. Функции для управления конфигурацией

В Таблице 9.77 показаны функции, позволяющие получить и изменить значения параметров конфигурации выполнения.

Таблица 9.77. Функции для управления конфигурацией

Имя	Тип результата	Описание
<code>current_setting(setting_name [, missing_ok])</code>	<code>text</code>	получает текущее значение параметра
<code>set_config(setting_name , new_value , is_local)</code>	<code>text</code>	устанавливает новое значение параметра и возвращает его

Функция `current_setting` выдаёт текущее значение параметра `setting_name`. Она соответствует стандартной SQL-команде `SHOW`. Пример использования:

```
SELECT current_setting('datestyle');
```

```
current_setting
-----
ISO, MDY
(1 row)
```

Если параметра с именем *setting_name* нет, функция *current_setting* выдаёт ошибку, если только дополнительно не передан параметр *missing_ok* со значением *true*.

set_config устанавливает для параметра *setting_name* значение *new_value*. Если параметр *is_local* равен *true*, новое значение будет действовать только в рамках текущей транзакции. Чтобы это значение действовало на протяжении текущего сеанса, ему нужно присвоить *false*. Эта функция соответствует SQL-команде *SET*. Пример использования:

```
SELECT set_config('log_statement_stats', 'off', false);
```

```
set_config
-----
off
(1 row)
```

9.26.2. Функции для передачи сигналов серверу

Функции, перечисленные в Таблице 9.78, позволяют передавать управляющие сигналы другим серверным процессам. Вызывать эти функции по умолчанию разрешено только суперпользователям, но доступ к ним можно дать и другим пользователям командой *GRANT*, кроме явно отмеченных исключений.

Таблица 9.78. Функции для передачи сигналов серверу

Имя	Тип результата	Описание
<i>pg_cancel_backend</i> (<i>pid</i> int)	boolean	Отменяет текущий запрос в обслуживающем процессе. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, обслуживающий процесс которой затрагивается, и ролям, которым дано право <i>pg_signal_backend</i> ; однако только суперпользователям разрешено воздействовать на обслуживающие процессы других суперпользователей.
<i>pg_reload_conf</i> ()	boolean	Даёт команду серверным процессам перезагрузить конфигурацию
<i>pg_rotate_logfile</i> ()	boolean	Прокручивает журнал сообщений сервера
<i>pg_terminate_backend</i> (<i>pid</i> int)	boolean	Завершает обслуживающий процесс. Это действие разрешается и ролям, являющимся членами роли, обслуживающий процесс которой прерывается, и ролям, которым дано право <i>pg_signal_backend</i> ; однако только суперпользователям разрешено прерывать обслуживающие процессы других суперпользователей.

Каждая из этих функций возвращает `true` при успешном завершении и `false` в противном случае.

`pg_cancel_backend` и `pg_terminate_backend` передают сигналы (SIGINT и SIGTERM, соответственно) серверному процессу с заданным кодом PID. Код активного процесса можно получить из столбца `pid` представления `pg_stat_activity` или просмотрев на сервере процессы с именем `postgres` (используя `ps` в Unix или Диспетчер задач в Windows). Роль пользователя активного процесса можно узнать в столбце `username` представления `pg_stat_activity`.

`pg_reload_conf` отправляет сигнал SIGHUP главному серверному процессу, который командует всем подчинённым процессам перезагрузить файлы конфигурации.

`pg_rotate_logfile` указывает менеджеру журнала сообщений немедленно переключиться на новый файл. Это имеет смысл, только когда работает встроенный сборщик сообщений, так как без него подпроцесс менеджера журнала не запускается.

9.26.3. Функции управления резервным копированием

Функции, перечисленные в Таблице 9.79, предназначены для выполнения резервного копирования «на ходу». Эти функции нельзя выполнять во время восстановления (за исключением `pg_is_in_backup`, `pg_backup_start_time` и `pg_wal_lsn_diff`).

Таблица 9.79. Функции управления резервным копированием

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_create_restore_point(name text)</code>	<code>pg_lsn</code>	Создаёт именованную точку для восстановления (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям)
<code>pg_current_wal_flush_lsn()</code>	<code>pg_lsn</code>	Получает текущую позицию сброса данных в журнале предзаписи
<code>pg_current_wal_insert_lsn()</code>	<code>pg_lsn</code>	Получает текущую позицию добавления в журнале предзаписи
<code>pg_current_wal_lsn()</code>	<code>pg_lsn</code>	Получает текущую позицию записи в журнале предзаписи
<code>pg_start_backup(label text [, fast boolean [, exclusive boolean]])</code>	<code>pg_lsn</code>	Подготавливает сервер к резервному копированию (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям)
<code>pg_stop_backup()</code>	<code>pg_lsn</code>	Завершает монопольное резервное копирование (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям)
<code>pg_stop_backup(exclusive boolean [, wait_for_archive boolean])</code>	<code>setof record</code>	Завершает монопольное или немонопольное резервное копирование (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям)

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_is_in_backup()</code>	<code>bool</code>	Возвращает <code>true</code> в процессе исключительного резервного копирования
<code>pg_backup_start_time()</code>	<code>timestamp with time zone</code>	Получает время запуска выполняющегося исключительного резервного копирования
<code>pg_switch_wal()</code>	<code>pg_lsn</code>	Иницирует переключение на новый файл журнала предзаписи (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (<code>EXECUTE</code>) можно дать и другим пользователям)
<code>pg_walfile_name(lsn pg_lsn)</code>	<code>text</code>	Получает из позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла
<code>pg_walfile_name_offset(lsn pg_lsn)</code>	<code>text, integer</code>	Получает из позиции в журнале предзаписи имя соответствующего файла и десятичное смещение в нём
<code>pg_wal_lsn_diff(lsn pg_lsn, lsn pg_lsn)</code>	<code>numeric</code>	Вычисляет разницу между двумя позициями в журнале предзаписи

`pg_start_backup` принимает произвольную заданную пользователем метку резервной копии. (Обычно это имя файла, в котором будет сохранена резервная копия.) При копировании в монопольном режиме эта функция записывает файл метки (`backup_label`) и, если есть ссылки в каталоге `pg_tblspc/`, файл карты табличных пространств (`tablespace_map`) в каталог данных кластера БД, выполняет процедуру контрольной точки, а затем возвращает в текстовом виде начальную позицию в журнале предзаписи для данной резервной копии. Результат этой функции может быть полезен, но если он не нужен, его можно просто игнорировать. При копировании в немонопольном режиме содержимое этих файлов выдаётся функцией `pg_stop_backup` и должно быть записано в архивную копию вызывающим субъектом.

```
postgres=# select pg_start_backup('label_goes_here');
pg_start_backup
-----
0/D4445B8
(1 row)
```

У этой функции есть также второй, необязательный параметр типа `boolean`. Если он равен `true`, `pg_start_backup` начнёт работу максимально быстро. При этом будет немедленно выполнена процедура контрольной точки, что может повлечь массу операций ввода/вывода и затормозить параллельные запросы.

При монопольном копировании функция `pg_stop_backup` удаляет файл метки (и, если существует, файл `tablespace_map`), созданный функцией `pg_start_backup`. При немонопольном копировании содержимое `backup_label` и `tablespace_map` возвращается в результате функции и должно быть записано в файлы в архиве (а не в каталоге данных). Также есть необязательный второй параметр типа `boolean`. Если он равен `false`, `pg_stop_backup` завершится сразу после окончания резервного копирования, не дожидаясь архивации WAL. Это поведение полезно только для программ резервного копирования, которые независимо осуществляют архивацию WAL. Если же WAL не архивируется, резервная копия может оказаться неполной, а значит, бесполезной. Когда он равен `true`, `pg_stop_backup` будет ждать выполнения архивации WAL, если архивирование включено; для резервного сервера это означает, что ожидание возможно только при условии `archive_mode =`

`always`. Если активность записи на ведущем сервере невысока, может иметь смысл выполнить на нём `pg_switch_wal` для немедленного переключения сегмента.

При выполнении на ведущем эта функция также создаёт файл истории резервного копирования в области архива журнала предзаписи. В этом файле для данной резервной копии сохраняется метка, заданная при вызове `pg_start_backup`, начальная и конечная позиция в журнале предзаписи, а также время начала и окончания. Возвращает данная функция позицию окончания резервной копии в журнале предзаписи (которую тоже можно игнорировать). После записи конечной позиции текущая позиция автоматически перемещается к следующему файлу журнала предзаписи, чтобы файл конечной позиции можно было немедленно архивировать для завершения резервного копирования.

`pg_switch_wal` производит переключение на следующий файл журнала предзаписи, что позволяет архивировать текущий (в предположении, что архивация выполняется непрерывно). Эта функция возвращает конечную позицию в журнале предзаписи (в только что законченном файле журнала) + 1. Если с момента последнего переключения файлов не было активности, отражающейся в журнале предзаписи, `pg_switch_wal` не делает ничего и возвращает начальную позицию в файле журнала предзаписи, используемом в данный момент.

`pg_create_restore_point` создаёт именованную запись в журнале предзаписи, которую можно использовать как цель при восстановлении, и возвращает соответствующую позицию в журнале предзаписи. Затем полученное имя можно присвоить параметру `recovery_target_name`, указав тем самым точку, до которой будет выполняться восстановление. Учтите, что если вы создадите несколько точек восстановления с одним именем, восстановление будет остановлено на первой точке с этим именем.

`pg_current_wal_lsn` выводит текущую позицию записи в журнале предзаписи в том же формате, что и вышеописанные функции. `pg_current_wal_insert_lsn` подобным образом выводит текущую позицию добавления, а `pg_current_wal_flush_lsn` — позицию сброса данных журнала. Позицией добавления называется «логический» конец журнала предзаписи в любой момент времени, тогда как позиция записи указывает на конец данных, фактически вынесённых из внутренних буферов сервера, а позиция сброса показывает, до какого места данные гарантированно сохранены в надёжном хранилище. Позиция записи отмечает конец данных, которые может видеть снаружи внешний процесс, и именно она представляет интерес при копировании частично заполненных файлов журнала. Позиция добавления и позиция сброса выводятся в основном для отладки серверной части. Все эти операции выполняются в режиме «только чтение» и не требуют прав суперпользователя.

Из результатов всех описанных выше функций можно получить имя файла журнала предзаписи и смещение в нём, используя функцию `pg_walfile_name_offset`. Например:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_walfile_name_offset(pg_stop_backup());
      file_name      | file_offset
-----+-----
000000010000000000000000D |      4039624
(1 row)
```

Подобным образом, `pg_walfile_name` извлекает только имя файла журнала предзаписи. Когда заданная позиция в журнале предзаписи находится ровно на границе файлов, обе эти функции возвращают имя предыдущего файла. Обычно это поведение предпочтительно при архивировании журнала предзаписи, так как именно предыдущий файл является последним подлежащим архивации.

`pg_wal_lsn_diff` вычисляет разницу в байтах между двумя позициями в журнале предзаписи. Полученный результат можно использовать с `pg_stat_replication` или другими функциями, перечисленными в Таблице 9.79, для определения задержки репликации.

Подробнее практическое применение этих функций описывается в Разделе 25.3.

9.26.4. Функции управления восстановлением

Функции, приведённые в Таблице 9.80, предоставляют сведения о текущем состоянии ведомого сервера. Эти функции могут выполняться, как во время восстановления, так и в обычном режиме работы.

Таблица 9.80. Функции для получения информации о восстановлении

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_is_in_recovery()</code>	<code>bool</code>	Возвращает <code>true</code> в процессе восстановления.
<code>pg_last_wal_receive_lsn()</code>	<code>pg_lsn</code>	Получает позицию последней записи журнала предзаписи, полученной и записанной на диск в процессе потоковой репликации. Пока выполняется потоковая репликация, эта позиция постоянно увеличивается. По окончании восстановления она останавливается на записи WAL, полученной и записанной на диск последней. Если потоковая репликация отключена или ещё не запускалась, функция возвращает <code>NULL</code> .
<code>pg_last_wal_replay_lsn()</code>	<code>pg_lsn</code>	Получает позицию последней записи журнала предзаписи, воспроизведённой при восстановлении. В процессе восстановления эта позиция постоянно увеличивается. По окончании восстановления она останавливается на записи WAL, которая была восстановлена последней. Если сервер был запущен не в режиме восстановления, эта функция возвращает <code>NULL</code> .
<code>pg_last_xact_replay_timestamp()</code>	<code>timestamp with time zone</code>	Получает отметку времени последней транзакции, воспроизведённой при восстановлении. Это время, когда на главном сервере произошла фиксация или откат записи WAL для этой транзакции. Если в процессе восстановления не была воспроизведена ни одна транзакция, эта функция возвращает <code>NULL</code> . В противном случае это значение постоянно увеличивается в процессе восстановления. По окончании восстановления оно останавливается на транзакции, которая была восстановлена последней. Если сервер был запущен не в режиме восстановления, эта функция возвращает <code>NULL</code> .

Функции, перечисленные в Таблице 9.81 управляют процессом восстановления. Вызывать их в другое время нельзя.

Таблица 9.81. Функции управления восстановлением

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_is_wal_replay_paused()</code>	<code>bool</code>	Возвращает <code>true</code> , если восстановление приостановлено.
<code>pg_wal_replay_pause()</code>	<code>void</code>	Немедленно приостанавливает восстановление (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям).
<code>pg_wal_replay_resume()</code>	<code>void</code>	Перезапускает восстановление, если оно было приостановлено (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (EXECUTE) можно дать и другим пользователям).

Когда восстановление приостановлено, запись изменений в базу не производится. Если она находится в «горячем резерве», все последующие запросы будут видеть один согласованный снимок базы данных и до продолжения восстановления конфликты запросов исключаются.

Когда потоковая репликация выключена, пауза при восстановлении может длиться сколь угодно долго без каких-либо проблем. Если же запущена потоковая репликация, новые записи WAL продолжают поступать и заполняют весь диск рано или поздно, в зависимости от длительности паузы, интенсивности записи в WAL и объёма свободного пространства.

9.26.5. Функции синхронизации снимков

PostgreSQL позволяет синхронизировать снимки состояния между сеансами баз данных. *Снимок состояния* определяет, какие данные видны транзакции, работающей с этим снимком. Синхронизация снимков необходима, когда в двух или более сеансах нужно видеть одно и то же содержимое базы данных. Если в двух сеансах транзакции запускаются независимо, всегда есть вероятность, что некая третья транзакция будет зафиксирована между командами `START TRANSACTION` для первых двух, и в результате в одном сеансе будет виден результат третьей, а в другом — нет.

Для решения этой проблемы PostgreSQL позволяет транзакции *экспортировать* снимок состояния, с которым она работает. Пока экспортирующая этот снимок транзакция выполняется, другие транзакции могут *импортировать* его и, таким образом, увидеть абсолютно то же состояние базы данных, что видит первая транзакция. Но учтите, что любые изменения, произведённые этими транзакциями, будут не видны для других, как это и должно быть с изменениями в незафиксированных транзакциях. Таким образом, транзакции синхронизируют только начальное состояние данных, а последующие производимые в них изменения изолируются как обычно.

Снимки состояния экспортируются с помощью функции `pg_export_snapshot`, показанной в Таблице 9.82, и импортируются командой `SET TRANSACTION`.

Таблица 9.82. Функции синхронизации снимков

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_export_snapshot()</code>	<code>text</code>	Сохраняет снимок текущего состояния и возвращает его идентификатор

Функция `pg_export_snapshot` создаёт снимок текущего состояния и возвращает его идентификатор в строке типа `text`. Данная строка должна передаваться (за рамками базы данных) клиентам,

которые будут импортировать этот снимок. При этом импортировать его нужно раньше, чем завершится транзакция, которая его экспортировала. Если необходимо, транзакция может экспортировать несколько снимков. Заметьте, что это имеет смысл только для транзакций уровня `READ COMMITTED`, так как транзакции `REPEATABLE READ` и более высоких уровней изоляции работают с одним снимком состояния. После того как транзакция экспортировала снимок, её нельзя подготовить с помощью `PREPARE TRANSACTION`.

Подробнее использование экспортированных снимков рассматривается в описании `SET TRANSACTION`.

9.26.6. Функции репликации

В Таблице 9.83 перечислены функции, предназначенные для управления и взаимодействия с механизмом репликации. Чтобы изучить этот механизм детальнее, обратитесь к Подразделу 26.2.5, Подразделу 26.2.6 и Главе 50. Использовать эти функции разрешено только суперпользователям.

Многие из этих функций соответствуют командам в протоколе репликации; см. Раздел 53.4.

Функции, описанные в Подразделе 9.26.3, Подразделе 9.26.4 и Подразделе 9.26.5 также имеют отношение к репликации.

Таблица 9.83. Функции репликации SQL

Функция	Тип результата	Описание
<code>pg_create_physical_replication_slot(slot_name name [, immediately_reserve boolean, temporary boolean])</code>	<code>(slot_name name, lsn pg_lsn)</code>	Создаёт новый физический слот репликации с именем <code>slot_name</code> . Необязательный второй параметр, когда он равен <code>true</code> , указывает, что LSN для этого слота репликации должен быть зарезервирован немедленно; в противном случае LSN резервируется при первом подключении клиента потоковой репликации. Передача изменений из физического слота возможна только по протоколу потоковой репликации — см. Раздел 53.4. Необязательный третий параметр, <code>temporary</code> , когда он равен <code>true</code> , указывает, что этот слот не должен постоянно храниться на диске, так как он предназначен только для текущего сеанса. Временные слоты также освобождаются при любой ошибке. Эта функция соответствует команде протокола репликации <code>CREATE_REPLICATION_SLOT ... PHYSICAL</code> .
<code>pg_drop_replication_slot(slot_name name)</code>	<code>void</code>	Удаляет физический или логический слот репликации с именем <code>slot_name</code> . Соответствует команде протокола репликации <code>DROP_REPLICATION_SLOT</code> . Для логических слотов эта функция должна вызываться через подключение к той же базе данных, в которой был создан слот.

Функция	Тип результата	Описание
<code>pg_create_logical_replication_slot(slot_name name, plugin name [, temporary boolean])</code>	<code>(slot_name name, lsn pg_lsn)</code>	Создаёт новый логический (декодирующий) слот репликации с именем <code>slot_name</code> , используя модуль вывода <code>plugin</code> . Необязательный третий параметр, <code>temporary</code> , когда равен <code>true</code> , указывает, что этот слот не должен постоянно храниться на диске, так как он предназначен только для текущего сеанса. Временные слоты также освобождаются при любой ошибке. Вызов этой функции равнозначен выполнению команды протокола репликации <code>CREATE_REPLICATION_SLOT ... LOGICAL</code> .
<code>pg_logical_slot_get_changes(slot_name name, upto_lsn pg_lsn, upto_nchanges int, VARIADIC options text[])</code>	<code>(lsn pg_lsn, xid xid, data text)</code>	Возвращает изменения в слоте <code>slot_name</code> с позиции, до которой ранее были получены изменения. Если параметры <code>upto_lsn</code> и <code>upto_nchanges</code> равны <code>NULL</code> , логическое декодирование продолжится до конца журнала транзакций. Если <code>upto_lsn</code> не <code>NULL</code> , декодироваться будут только транзакции, зафиксированные до заданного LSN. Если <code>upto_nchanges</code> не <code>NULL</code> , декодирование остановится, когда число строк, полученных при декодировании, превысит заданное значение. Заметьте, однако, что фактическое число возвращённых строк может быть больше, так как это ограничение проверяется только после добавления строк, декодированных для очередной транзакции.
<code>pg_logical_slot_peek_changes(slot_name name, upto_lsn pg_lsn, upto_nchanges int, VARIADIC options text[])</code>	<code>(lsn pg_lsn, xid xid, data text)</code>	Работает так же, как функция <code>pg_logical_slot_get_changes()</code> , но не забирает изменения; то есть, они будут получены снова при следующих вызовах.
<code>pg_logical_slot_get_binary_changes(slot_name name, upto_lsn pg_lsn, upto_nchanges int, VARIADIC options text[])</code>	<code>(lsn pg_lsn, xid xid, data bytea)</code>	Работает так же, как функция <code>pg_logical_slot_get_changes()</code> , но выдаёт изменения в типе <code>bytea</code> .
<code>pg_logical_slot_peek_binary_changes(slot_name name, upto_lsn pg_lsn,</code>	<code>(lsn pg_lsn, xid xid, data bytea)</code>	Работает так же, как функция <code>pg_logical_slot_get_changes()</code> , но выдаёт измене-

Функция	Тип результата	Описание
<code>upto_nchanges</code> int, <code>VARIADIC options</code> text[])		ния в типе <code>bytea</code> и не забирает их; то есть, они будут получены снова при следующих вызовах.
<code>pg_replication_slot_advance(slot_name name, upto_lsn pg_lsn)</code>	<code>(slot_name name, end_lsn pg_lsn) bool</code>	Продвигает текущую подтверждённую позицию слота репликации с именем <code>slot_name</code> . Слот нельзя переместить назад, а также вперёд за текущую позицию добавления. Возвращает имя слота и позицию, до которой он продвинулся.
<code>pg_replication_origin_create(node_name text)</code>	oid	Создаёт источник репликации с заданным внешним именем и возвращает назначенный ему внутренний идентификатор.
<code>pg_replication_origin_drop(node_name text)</code>	void	Удаляет ранее созданный источник репликации, в том числе связанную информацию о воспроизведении.
<code>pg_replication_origin_oid(node_name text)</code>	oid	Ищет источник репликации по имени и возвращает внутренний идентификатор. Если такой источник не находится, выдаётся ошибка.
<code>pg_replication_origin_session_setup(node_name text)</code>	void	Помечает текущий сеанс, как воспроизводящий журнал из указанного источника, что позволяет отслеживать положение воспроизведения. Чтобы отменить это действие, вызовите <code>pg_replication_origin_session_reset</code> . Может использоваться, только если не был настроен предыдущий источник.
<code>pg_replication_origin_session_reset()</code>	void	Отменяет действие <code>pg_replication_origin_session_setup()</code> .
<code>pg_replication_origin_session_is_setup()</code>	bool	В текущем сеансе настроен источник репликации?
<code>pg_replication_origin_session_progress(flush bool)</code>	pg_lsn	Возвращает позицию воспроизведения для источника репликации, настроенного в текущем сеансе. Параметр <code>flush</code> определяет, будет ли гарантироваться сохранение локальной транзакции на диске.
<code>pg_replication_origin_xact_setup(origin_lsn pg_lsn , origin_timestamp timestampz)</code>	void	Помечает текущую транзакцию как воспроизводящую транзакцию, зафиксированную с указанным LSN и временем. Может вызываться только после того, как был настроен источник

Функция	Тип результата	Описание
		репликации в результате вызова <code>pg_replication_origin_session_setup()</code> .
<code>pg_replication_origin_xact_reset()</code>	<code>void</code>	Отменяет действие <code>pg_replication_origin_xact_setup()</code> .
<code>pg_replication_origin_advance (node_name text, lsn pg_lsn)</code>	<code>void</code>	Устанавливает положение репликации для заданного узла в указанную позицию. Это в основном полезно для установки начальной позиции или новой позиции после изменения конфигурации и подобных действий. Но учтите, что неосторожное использование этой функции может привести к несогласованности реплицированных данных.
<code>pg_replication_origin_progress(node_name text, flush bool)</code>	<code>pg_lsn</code>	Возвращает позицию воспроизведения для заданного источника репликации. Параметр <i>flush</i> определяет, будет ли гарантироваться сохранение локальной транзакции на диске.
<code>pg_logical_emit_message(transactional bool, prefix text, содержимое text)</code>	<code>pg_lsn</code>	Выдаёт текстовое сообщение логического декодирования. Её можно использовать для передачи произвольных сообщений через WAL модулям логического декодирования. Параметр <i>transactional</i> устанавливает, должно ли сообщение быть частью текущей транзакции или оно должно записываться немедленно и декодироваться сразу, как только эта запись будет прочитана при логическом декодировании. Параметр <i>prefix</i> задаёт текстовый префикс, по которому модули логического декодирования могут легко распознать интересующие их сообщения. В параметре <i>content</i> передаётся текст сообщения.
<code>pg_logical_emit_message(transactional bool, prefix text, содержимое bytea)</code>	<code>pg_lsn</code>	Выдаёт двоичное сообщение логического декодирования. Её можно использовать для передачи произвольных сообщений через WAL модулям логического декодирования. Параметр <i>transactional</i> устанавливает, должно ли сообщение быть частью текущей транзак-

Функция	Тип результата	Описание
		ции или оно должно записываться немедленно и декодироваться сразу, как только эта запись будет прочитана при логическом декодировании. Параметр <i>prefix</i> задаёт текстовый префикс, по которому модули логического декодирования могут легко распознать интересные их сообщения. В параметре <i>content</i> передаётся двоичное содержание сообщения.

9.26.7. Функции управления объектами баз данных

Функции, перечисленные в Таблице 9.84, вычисляют объём, который занимают на диске различные объекты баз данных.

Таблица 9.84. Функции получения размера объектов БД

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_column_size(any)</code>	<code>int</code>	Число байт, необходимых для хранения заданного значения (возможно, в сжатом виде)
<code>pg_database_size(oid)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске база данных с заданным OID
<code>pg_database_size(name)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске база данных с заданным именем
<code>pg_indexes_size(regclass)</code>	<code>bigint</code>	Общий объём индексов, связанных с указанной таблицей
<code>pg_relation_size(relation regclass, fork text)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске указанный слой ('main', 'fsm', 'vm' или 'init') заданной таблицы или индекса
<code>pg_relation_size(relation regclass)</code>	<code>bigint</code>	Краткая форма <code>pg_relation_size(..., 'main')</code>
<code>pg_size_bytes(text)</code>	<code>bigint</code>	Преобразует размер в понятном человеку формате с единицами измерения в число байт
<code>pg_size_pretty(bigint)</code>	<code>text</code>	Преобразует размер в байтах, представленный в 64-битном целом, в понятный человеку формат с единицами измерения
<code>pg_size_pretty(numeric)</code>	<code>text</code>	Преобразует размер в байтах, представленный в значении числового типа, в понятный человеку формат с единицами измерения
<code>pg_table_size(regclass)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске данная таблица, за ис-

Имя	Тип результата	Описание
		ключением индексов (но включая TOAST, карту свободного места и карту видимости)
<code>pg_tablespace_size(oid)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске табличное пространство с указанным OID
<code>pg_tablespace_size(name)</code>	<code>bigint</code>	Объём, который занимает на диске табличное пространство с заданным именем
<code>pg_total_relation_size(regclass)</code>	<code>bigint</code>	Общий объём, который занимает на диске заданная таблица, включая все индексы и данные TOAST

`pg_column_size` показывает, какой объём требуется для хранения данного значения.

`pg_total_relation_size` принимает OID или имя таблицы или данных TOAST и возвращает общий объём, который занимает на диске эта таблица, включая все связанные с ней индексы. Результат этой функции равняется `pg_table_size + pg_indexes_size`.

`pg_table_size` принимает OID или имя таблицы и возвращает объём, который занимает на диске эта таблица без индексов. (При этом учитывается размер TOAST, карты свободного места и карты видимости.)

`pg_indexes_size` принимает OID или имя таблицы и возвращает общий объём, который занимают все индексы таблицы.

`pg_database_size` и `pg_tablespace_size` принимают OID или имя базы данных либо табличного пространства и возвращают общий объём, который они занимают на диске. Для использования `pg_database_size` требуется иметь право `CONNECT` для указанной базы данных (оно предоставляется по умолчанию) или быть членом роли `pg_read_all_stats`. Для использования `pg_tablespace_size` необходимо иметь право `CREATE` для указанного табличного пространства или быть членом роли `pg_read_all_stats`, если только это не табличное пространство по умолчанию для текущей базы данных.

`pg_relation_size` принимает OID или имя таблицы, индекса или TOAST-таблицы и возвращает размер одного слоя этого отношения (в байтах). (Заметьте, что в большинстве случаев удобнее использовать более высокоуровневые функции `pg_total_relation_size` и `pg_table_size`, которые суммируют размер всех слоёв.) С одним аргументом она возвращает размер основного слоя для данных заданного отношения. Название другого интересующего слоя можно передать во втором аргументе:

- `'main'` возвращает размер основного слоя данных заданного отношения.
- `'fsm'` возвращает размер карты свободного места (см. Раздел 68.3), связанной с заданным отношением.
- `'vm'` возвращает размер карты видимости (см. Раздел 68.4), связанной с заданным отношением.
- `'init'` возвращает размер слоя инициализации для заданного отношения, если он имеется.

`pg_size_pretty` можно использовать для форматирования результатов других функций в виде, более понятном человеку, с единицами измерения `bytes`, `kB`, `MB`, `GB` и `TB`.

`pg_size_bytes` можно использовать для получения размера в байтах из строки в формате, понятном человеку. Входная строка может содержать единицы `bytes`, `kB`, `MB`, `GB` и `TB`, и разбирается без учёта регистра. Если единицы не указываются, подразумеваются байты.

Примечание

Единицы kB, MB, GB и TB, фигурирующие в функциях `pg_size_pretty` и `pg_size_bytes`, определяются как степени 2, а не 10, так что 1kB равен 1024 байтам, 1MB равен 1024² = 1048576 байтов и т. д.

Вышеописанные функции, работающие с таблицами или индексами, принимают аргумент типа `regclass`, который представляет собой просто OID таблицы или индекса в системном каталоге `pg_class`. Однако вам не нужно вручную вычислять OID, так как процедура ввода значения `regclass` может сделать это за вас. Для этого достаточно записать имя таблицы в апострофах, как обычную текстовую константу. В соответствии с правилами обработки обычных имён SQL, если имя таблицы не заключено в кавычки, эта строка будет переведена в нижний регистр.

Если переданному значению OID не соответствуют существующий объект, эти функции возвращают NULL.

Функции, перечисленные в Таблице 9.85, помогают определить, в каких файлах на диске хранятся объекты базы данных.

Таблица 9.85. Функции определения расположения объектов

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_relation_filepath(relation regclass)</code>	oid	Номер файлового узла для указанного отношения
<code>pg_relation_filepath(relation regclass)</code>	text	Путь к файлу, в котором хранится указанное отношение
<code>pg_filenode_relation(tablespace oid, filenode oid)</code>	regclass	Находит отношение, связанное с данным табличным пространством и файловым узлом

`pg_relation_filepath` принимает OID или имя таблицы, индекса, последовательности или таблицы TOAST и возвращает номер «файлового узла», связанным с этим объектом. Файловым узлом называется основной компонент имени файла, используемого для хранения данных (подробнее это описано в Разделе 68.1). Для большинства таблиц этот номер совпадает со значением `pg_class.relfilenode`, но для некоторых системных каталогов `relfilenode` равен 0, и нужно использовать эту функцию, чтобы узнать действительное значение. Если указанное отношение не хранится на диске, как например представление, данная функция возвращает NULL.

`pg_relation_filepath` подобна `pg_relation_filepath`, но возвращает полный путь к файлу (относительно каталога данных PGDATA) отношения.

Функция `pg_filenode_relation` является обратной к `pg_relation_filepath`. Она возвращает OID отношения по заданному OID «табличного пространства» и «файловому узлу». Для таблицы в табличном пространстве по умолчанию в первом параметре можно передать 0.

В Таблица 9.86 перечислены функции, предназначенные для управления правилами сортировки.

Таблица 9.86. Функции управления правилами сортировки

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_collation_actual_ version(oid)</code>	text	выдаёт действующую версию правила сортировки из операционной системы
<code>pg_import_system_ collations(schema regnamespace)</code>	integer	импортирует правила сортировки из операционной системы

Функция `pg_collation_actual_version` возвращает действующую версию объекта правила сортировки, которая в настоящее время установлена в операционной системе. Если она отличается от значения в `pg_collation.collversion`, может потребоваться перестроить объекты, зависящие от данного правила сортировки. См. также `ALTER COLLATION`.

Функция `pg_import_system_collations` добавляет правила сортировки в системный каталог `pg_collation`, анализируя все локали, которые она находит в операционной системе. Эту информацию использует `initdb`; за подробностями обратитесь к Подразделу 23.2.2. Если позднее в систему устанавливаются дополнительные локали, эту функцию можно запустить снова, чтобы добавились правила сортировки для новых локалей. Локали, для которых обнаруживаются существующие записи в `pg_collation`, будут пропущены. (Объекты правил сортировки для локалей, которые перестают существовать в операционной системе, никогда не удаляются этой функцией.) В параметре `schema` обычно передаётся `pg_catalog`, но это не обязательно; правила сортировки могут быть установлены и в другую схему. Эта функция возвращает число созданных ей объектов правил сортировки.

9.26.8. Функции обслуживания индексов

В Таблице 9.87 перечислены функции, предназначенные для обслуживания индексов. Эти функции нельзя вызывать в процессе восстановления. Использовать эти функции разрешено только суперпользователям и владельцу определённого индекса.

Таблица 9.87. Функции обслуживания индексов

Имя	Тип результата	Описание
<code>brin_summarize_new_values(index regclass)</code>	<code>integer</code>	обобщает ещё не обобщённые зоны страниц
<code>brin_summarize_range(index regclass, blockNumber bigint)</code>	<code>integer</code>	обобщает зону страниц, охватывающую данный блок (если она ещё не обобщена)
<code>brin_desummarize_range(index regclass, blockNumber bigint)</code>	<code>integer</code>	сброс обобщения зоны страниц, охватывающей данный блок (если она была обобщена)
<code>gin_clean_pending_list(index regclass)</code>	<code>bigint</code>	перемещает элементы из списка записей GIN, ожидающих обработки, в основную структуру индекса

Функция `brin_summarize_new_values` принимает OID или имя индекса BRIN и просматривает индекс в поисках зон страниц в базовой таблице, ещё не обобщённых в индексе; для каждой такой зоны в результате сканирования страниц таблицы создаётся новый обобщающий кортеж в индексе. Возвращает эта функция число вставленных в индекс обобщающих записей о зонах страниц. Функция `brin_summarize_range` делает то же самое, но затрагивает только зону, охватывающую блок с заданным номером.

Функция `gin_clean_pending_list` принимает OID или имя индекса GIN и очищает очередь указанного индекса, массово перемещая элементы из неё в основную структуру данных GIN. Возвращает она число страниц, убранных из очереди. Заметьте, что если для обработки ей передаётся индекс GIN, построенный с отключённым параметром `fastupdate`, очистка не производится и возвращается значение 0, так как у такого индекса нет очереди записей. Подробнее об очереди записей и параметре `fastupdate` рассказывается в Подразделе 66.4.1 и Разделе 66.5.

9.26.9. Функции для работы с обычными файлами

Функции, перечисленные в Таблице 9.88, предоставляют прямой доступ к файлам, находящимся на сервере. Обычным пользователям, не включённым в роль `pg_read_server_files`, они позволяют обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных и в каталоге `log_directory`. Для

файлов в каталоге кластера этим функциям передаётся относительный путь, а для файлов журнала — путь, соответствующий значению параметра `log_directory`.

Заметьте, что пользователи, обладающие правом `EXECUTE` для `pg_read_file()` или связанных функций, имеют возможность читать любой файл на сервере, который может прочитать серверный процесс, и это чтение не ограничивается никакими проверками уровня базы данных. В частности это означает, что пользователь с такими правами может прочитать содержимое таблицы `pg_authid`, в которой хранятся данные аутентификации, равно как и любой другой файл в базе данных. Таким образом, разрешать доступ к этим функциям следует с большой осторожностью.

Таблица 9.88. Функции для работы с обычными файлами

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_ls_dir(dirname text [, missing_ok boolean, include_dot_dirs boolean])</code>	<code>setof text</code>	Выводит содержимое каталога (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (<code>EXECUTE</code>) можно дать и другим пользователям).
<code>pg_ls_logdir()</code>	<code>setof record</code>	Выводит имя, размер и время последнего изменения файлов в каталоге журнала сообщений. Доступ к этой функции имеют члены роли <code>pg_monitor</code> , также его можно разрешить и другим ролям обычных пользователей.
<code>pg_ls_waldir()</code>	<code>setof record</code>	Выводит имя, размер и время последнего изменения файлов в каталоге WAL. Доступ к этой функции имеют члены роли <code>pg_monitor</code> , также его можно разрешить и другим ролям обычных пользователей.
<code>pg_read_file(filename text [, offset bigint, length bigint [, missing_ok boolean]])</code>	<code>text</code>	Возвращает содержимое текстового файла (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (<code>EXECUTE</code>) можно дать и другим пользователям).
<code>pg_read_binary_file(filename text [, offset bigint, length bigint [, missing_ok boolean]])</code>	<code>bytea</code>	Возвращает содержимое файла (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (<code>EXECUTE</code>) можно дать и другим пользователям).
<code>pg_stat_file(filename text[, missing_ok boolean])</code>	<code>record</code>	Возвращает информацию о файле (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право на её выполнение (<code>EXECUTE</code>) можно дать и другим пользователям).

Некоторые из этих функций принимают необязательный параметр `missing_ok`, который определяет их поведение в случае отсутствия файла или каталога. Если он равен `true`, функция возвращает `NULL` (за исключением `pg_ls_dir`, которая возвращает пустое множество). Если он равен `false`, возникает ошибка. Значение по умолчанию — `false`.

`pg_ls_dir` возвращает имена всех файлов (а также каталогов и других специальных файлов) в заданном каталоге. Параметр `include_dot_dirs` определяет, будут ли в результирующий набор включаться каталоги «.» и «..». По умолчанию они не включаются (`false`), но их можно включить, чтобы с параметром `missing_ok` равным `true`, пустой каталог можно было отличить от несуществующего.

`pg_ls_logdir` возвращает имя, размер и время последнего изменения (`mtime`) всех файлов в каталоге журналов сообщений. По умолчанию использовать её разрешено только суперпользователям и членам роли `pg_monitor`. Другим пользователям доступ к ней можно дать, используя `GRANT`.

`pg_ls_waldir` возвращает имя, размер и время последнего изменения (`mtime`) всех файлов в каталоге журнала предзаписи (WAL). По умолчанию использовать её разрешено только суперпользователям и членам роли `pg_monitor`. Другим пользователям доступ к ней можно дать, используя `GRANT`.

`pg_read_file` возвращает фрагмент текстового файла с заданного смещения (`offset`), размером не больше `length` байт (размер может быть меньше, если файл кончится раньше). Если смещение `offset` отрицательно, оно отсчитывается от конца файла. Если параметры `offset` и `length` опущены, возвращается всё содержимое файла. Прочитанные из файла байты обрабатываются как символы в серверной кодировке; если они оказываются недопустимыми для этой кодировки, возникает ошибка.

`pg_read_binary_file` подобна `pg_read_file`, но её результат имеет тип `bytea`; как следствие, никакие проверки кодировки не выполняются. В сочетании с `convert_from` эту функцию можно применять для чтения файлов в произвольной кодировке:

```
SELECT convert_from(pg_read_binary_file('file_in_utf8.txt'), 'UTF8');
```

`pg_stat_file` возвращает запись, содержащую размер файла, время последнего обращения и последнего изменения, а также время последнего изменения состояния (только в Unix-системах), время создания (только в Windows) и признак типа `boolean`, показывающий, что это каталог. Примеры использования:

```
SELECT * FROM pg_stat_file('filename');
SELECT (pg_stat_file('filename')).modification;
```

9.26.10. Функции управления рекомендательными блокировками

Функции, перечисленные в Таблице 9.89, предназначены для управления рекомендательными блокировками. Подробнее об их использовании можно узнать в Подразделе 13.3.5.

Таблица 9.89. Функции управления рекомендательными блокировками

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_advisory_lock(key bigint)</code>	<code>void</code>	Получает исключительную блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_lock(key1 int, key2 int)</code>	<code>void</code>	Получает исключительную блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_lock_shared(key bigint)</code>	<code>void</code>	Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_lock_shared(key1 int, key2 int)</code>	<code>void</code>	Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_unlock(key bigint)</code>	<code>boolean</code>	Освобождает исключительную блокировку на уровне сеанса

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_advisory_unlock(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Освобождает исключительную блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_unlock_all()</code>	void	Освобождает все блокировки на уровне сеанса, удерживаемые в данном сеансе
<code>pg_advisory_unlock_shared(key bigint)</code>	boolean	Освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_unlock_shared(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса
<code>pg_advisory_xact_lock(key bigint)</code>	void	Получает исключительную блокировку на уровне транзакции
<code>pg_advisory_xact_lock(key1 int, key2 int)</code>	void	Получает исключительную блокировку на уровне транзакции
<code>pg_advisory_xact_lock_shared(key bigint)</code>	void	Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции
<code>pg_advisory_xact_lock_shared(key1 int, key2 int)</code>	void	Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции
<code>pg_try_advisory_lock(key bigint)</code>	boolean	Получает исключительную блокировку на уровне сеанса, если это возможно
<code>pg_try_advisory_lock(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Получает исключительную блокировку на уровне сеанса, если это возможно
<code>pg_try_advisory_lock_shared(key bigint)</code>	boolean	Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса, если это возможно
<code>pg_try_advisory_lock_shared(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Получает разделяемую блокировку на уровне сеанса, если это возможно
<code>pg_try_advisory_xact_lock(key bigint)</code>	boolean	Получает исключительную блокировку на уровне транзакции, если это возможно
<code>pg_try_advisory_xact_lock(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Получает исключительную блокировку на уровне транзакции, если это возможно
<code>pg_try_advisory_xact_lock_shared(key bigint)</code>	boolean	Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции, если это возможно
<code>pg_try_advisory_xact_lock_shared(key1 int, key2 int)</code>	boolean	Получает разделяемую блокировку на уровне транзакции, если это возможно

`pg_advisory_lock` блокирует определённый приложением ресурс, задаваемый одним 64-битным или двумя 32-битными ключами (заметьте, что их значения не пересекаются). Если идентификатор этого ресурса удерживает другой сеанс, эта функция не завершится, пока ресурс не станет доступным. Данная функция устанавливает блокировку в исключительном режиме. Если поступает сразу несколько запросов на блокировку, они накапливаются, так что если один ресурс был заблокирован три раза, его необходимо три раза разблокировать, чтобы он был доступен в других сеансах.

`pg_advisory_lock_shared` работает подобно `pg_advisory_lock`, но позволяет разделять блокировку с другими сеансами, запрашивающими её как разделяемую. Выполнение может быть приостановлено, только если другой сеанс запросил её в исключительном режиме.

`pg_try_advisory_lock` работает подобно `pg_advisory_lock`, но не ждёт освобождения ресурса. Эта функция либо немедленно получает блокировку и возвращает `true`, либо сразу возвращает `false`, если получить её не удаётся.

`pg_try_advisory_lock_shared` работает как `pg_try_advisory_lock`, но пытается получить разделяемую, а не исключительную блокировку.

`pg_advisory_unlock` освобождает ранее полученную исключительную блокировку на уровне сеанса. Если блокировка освобождена успешно, эта функция возвращает `true`, а если она не была занята — `false`, при этом сервер выдаёт предупреждение SQL.

`pg_advisory_unlock_shared` работает подобно `pg_advisory_unlock`, но освобождает разделяемую блокировку на уровне сеанса.

`pg_advisory_unlock_all` освобождает все блокировки на уровне сеанса, закреплённые за текущим сеансом. (Эта функция неявно вызывается в конце любого сеанса, даже при нештатном отключении клиента.)

`pg_advisory_xact_lock` работает подобно `pg_advisory_lock`, но её блокировка автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

`pg_advisory_xact_lock_shared` подобна функции `pg_advisory_lock_shared`, но её блокировка автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

`pg_try_advisory_xact_lock` работает подобно `pg_try_advisory_lock`, но её блокировка (если она была получена) автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

`pg_try_advisory_xact_lock_shared` работает подобно `pg_try_advisory_lock_shared`, но её блокировка (если она была получена) автоматически освобождается в конце текущей транзакции и не может быть освобождена явным образом.

9.27. Триггерные функции

В настоящее время в PostgreSQL есть единственная встроенная триггерная функция, `suppress_redundant_updates_trigger`, которая предотвращает изменения, фактически не влияющие на данные в строке, тогда как обычно изменения выполняются вне зависимости от того, были ли изменены данные. (Обычное поведение не предполагает сравнения данных, поэтому изменения выполняются быстрее, и в ряде случаев именно это поведение желательно.)

В идеале, следует избегать операций изменения, которые фактически не меняют данные в записях. Подобные ненужные изменения могут обходиться дорого, особенно когда требуется обновлять множество индексов, к тому же впоследствии базу данных придётся очищать от «мёртвых» строк. Однако выявить такие изменения в клиентском коде бывает сложно, если вообще возможно, а при составлении соответствующих проверочных выражений легко допустить ошибку. В качестве альтернативного решения можно использовать функцию `suppress_redundant_updates_trigger`, которая опускает изменения, не меняющие данные. Однако использовать её следует с осторожностью. Данный триггер выполняется не большое, но значительное время для каждой записи, так что если большинство записей всё-таки фактически изменяются, этот триггер скорее замедлит операцию изменения.

Функцию `suppress_redundant_updates_trigger` можно привязать к таблице так:

```
CREATE TRIGGER z_min_update
BEFORE UPDATE ON tablename
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION suppress_redundant_updates_trigger();
```

В большинстве случаев этот триггер должен вызываться для каждой строки последним. А так как триггеры вызываются по порядку сортировки их имён, имя для него нужно выбирать таким, чтобы оно было последним среди имён всех триггеров, которые могут быть в таблице.

Подробнее о создании триггеров можно узнать в описании `CREATE TRIGGER`.

9.28. Функции событийных триггеров

PostgreSQL предоставляет следующие вспомогательные функции для получения информации в событийных триггерах.

Подробнее о событийных триггерах можно узнать в Главе 40.

9.28.1. Получение изменений в конце команды

Функция `pg_event_trigger_ddl_commands` возвращает список команд DDL, выполняемых в результате действия пользователя. Вызывать её можно только в функции, реализующей событийный триггер `ddl_command_end`. При попытке вызвать её в любом другом контексте возникнет ошибка. Функция `pg_event_trigger_ddl_commands` возвращает одну строку для каждой базовой команды; для некоторых команд, записываемых в виде одного предложения SQL, может возвращаться несколько строк. Эта функция возвращает следующие столбцы:

Имя	Тип	Описание
<code>classid</code>	<code>oid</code>	OID каталога, к которому относится объект
<code>objid</code>	<code>oid</code>	OID самого объекта
<code>objsubid</code>	<code>integer</code>	Идентификатор подобъекта (например, номер для столбца)
<code>command_tag</code>	<code>text</code>	Тег команды
<code>object_type</code>	<code>text</code>	Тип объекта
<code>schema_name</code>	<code>text</code>	Имя схемы, к которой относится объект; если объект не относится ни к какой схеме — <code>NULL</code> . В кавычки имя не заключается.
<code>object_identity</code>	<code>text</code>	Текстовое представление идентификатора объекта, включающее схему. При необходимости компоненты этого идентификатора заключаются в кавычки.
<code>in_extension</code>	<code>bool</code>	<code>True</code> , если команда является частью скрипта расширения
<code>command</code>	<code>pg_ddl_command</code>	Полное представление команды, во внутреннем формате. Его нельзя вывести непосредственно, но можно передать другим функциям, чтобы получить различные сведения о команде.

9.28.2. Обработка объектов, удалённых командой DDL

Функция `pg_event_trigger_dropped_objects` возвращает список всех объектов, удалённых командой, вызвавшей событие `sql_drop`. При вызове в другом контексте `pg_event_trigger_dropped_objects` выдаёт ошибку. `pg_event_trigger_dropped_objects` возвращает следующие столбцы:

Имя	Тип	Описание
<code>classid</code>	<code>oid</code>	OID каталога, к которому относился объект
<code>objid</code>	<code>oid</code>	OID самого объекта
<code>objsubid</code>	<code>integer</code>	Идентификатор подобъекта (например, номер для столбца)
<code>original</code>	<code>bool</code>	True, если это один из корневых удаляемых объектов
<code>normal</code>	<code>bool</code>	True, если к этому объекту в графе зависимостей привело отношение обычной зависимости
<code>is_temporary</code>	<code>bool</code>	True, если объект был временным
<code>object_type</code>	<code>text</code>	Тип объекта
<code>schema_name</code>	<code>text</code>	Имя схемы, к которой относился объект; если объект не относился ни к какой схеме — NULL. В кавычки имя не заключается.
<code>object_name</code>	<code>text</code>	Имя объекта, если сочетание схемы и имени позволяет уникально идентифицировать объект; в противном случае — NULL. Имя не заключается в кавычки и не дополняется именем схемы.
<code>object_identity</code>	<code>text</code>	Текстовое представление идентификатора объекта, включающее схему. При необходимости компоненты этого идентификатора заключаются в кавычки.
<code>address_names</code>	<code>text[]</code>	Массив, который в сочетании с <code>object_type</code> и массивом <code>address_args</code> можно передать функции <code>pg_get_object_address()</code> , чтобы воссоздать адрес объекта на удалённом сервере, содержащем одноимённый объект того же рода.
<code>address_args</code>	<code>text[]</code>	Дополнение к массиву <code>address_names</code>

Функцию `pg_event_trigger_dropped_objects` можно использовать в событийном триггере так:

```
CREATE FUNCTION test_event_trigger_for_drops()
    RETURNS event_trigger LANGUAGE plpgsql AS $$
DECLARE
    obj record;
BEGIN
    FOR obj IN SELECT * FROM pg_event_trigger_dropped_objects()
```

```

LOOP
    RAISE NOTICE '% dropped object: % %.% %',
                tg_tag,
                obj.object_type,
                obj.schema_name,
                obj.object_name,
                obj.object_identity;

END LOOP;
END
$$;
CREATE EVENT TRIGGER test_event_trigger_for_drops
ON sql_drop
EXECUTE FUNCTION test_event_trigger_for_drops();

```

9.28.3. Обработка события перезаписи таблицы

В Таблице 9.90 показаны функции, выдающие информацию о таблице, для которой произошло событие перезаписи таблицы (table_rewrite). При попытке вызвать их в другом контексте возникнет ошибка.

Таблица 9.90. Информация о перезаписи таблицы

Имя	Тип результата	Описание
pg_event_trigger_table_rewrite_oid()	Oid	OID таблицы, которая будет перезаписана.
pg_event_trigger_table_rewrite_reason()	int	Код причины, показывающий, чем вызвана перезапись. Точное значение кодов зависит от выпуска (версии).

Функцию pg_event_trigger_table_rewrite_oid можно использовать в событийном триггере так:

```

CREATE FUNCTION test_event_trigger_table_rewrite_oid()
RETURNS event_trigger
LANGUAGE plpgsql AS
$$
BEGIN
    RAISE NOTICE 'rewriting table % for reason %',
                pg_event_trigger_table_rewrite_oid()::regclass,
                pg_event_trigger_table_rewrite_reason();

END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER test_table_rewrite_oid
ON table_rewrite
EXECUTE FUNCTION test_event_trigger_table_rewrite_oid();

```

Глава 10. Преобразование типов

SQL-операторы, намеренно или нет, требуют совмещать данные разных типов в одном выражении. Для вычисления подобных выражений со смешанными типами PostgreSQL предоставляет широкий набор возможностей.

Очень часто пользователю не нужно понимать все тонкости механизма преобразования. Однако следует учитывать, что неявные преобразования, производимые PostgreSQL, могут влиять на результат запроса. Поэтому при необходимости нужные результаты можно получить, применив *явное* преобразование типов.

В этой главе описываются общие механизмы преобразования типов и соглашения, принятые в PostgreSQL. За дополнительной информацией о конкретных типах данных и разрешённых для них функциях и операторах обратитесь к соответствующим разделам в Главе 8 и Главе 9.

10.1. Обзор

SQL — язык со строгой типизацией. То есть каждый элемент данных в нём имеет некоторый тип, определяющий его поведение и допустимое использование. PostgreSQL наделён расширяемой системой типов, более универсальной и гибкой по сравнению с другими реализациями SQL. При этом преобразования типов в PostgreSQL в основном подчиняются определённым общим правилам, для их понимания не нужен *эвристический* анализ. Благодаря этому в выражениях со смешанными типами можно использовать даже типы, определённые пользователями.

Анализатор выражений PostgreSQL разделяет их лексические элементы на пять основных категорий: целые числа, другие числовые значения, текстовые строки, идентификаторы и ключевые слова. Константы большинства не числовых типов сначала классифицируются как строки. В определении языка SQL допускается указывать имена типов в строках и это можно использовать в PostgreSQL, чтобы направить анализатор по верному пути. Например, запрос:

```
SELECT text 'Origin' AS "label", point '(0,0)' AS "value";
```

```
label | value
-----+-----
Origin | (0,0)
(1 row)
```

содержит две строковых константы, типа `text` и типа `point`. Если для такой константы не указан тип, для неё первоначально предполагается тип `unknown`, который затем может быть уточнён, как описано ниже.

В SQL есть четыре фундаментальных фактора, определяющих правила преобразования типов для анализатора выражений PostgreSQL:

Вызовы функций

Система типов PostgreSQL во многом построена как дополнение к богатым возможностям функций. Функции могут иметь один или несколько аргументов, и при этом PostgreSQL разрешает перегружать имена функций, так что имя функции само по себе не идентифицирует вызываемую функцию; анализатор выбирает правильную функцию в зависимости от типов переданных аргументов.

Операторы

PostgreSQL позволяет использовать в выражениях префиксные и постфиксные операторы с одним аргументом, а также операторы с двумя аргументами. Как и функции, операторы можно перегружать, так что и с ними существует проблема выбора правильного оператора.

Сохранение значений

SQL-операторы `INSERT` и `UPDATE` помещают результаты выражений в таблицы. При этом получаемые значения должны соответствовать типам целевых столбцов или, возможно, приводиться к ним.

UNION, CASE и связанные конструкции

Так как все результаты запроса объединяющего оператора `SELECT` должны оказаться в одном наборе столбцов, результаты каждого подзапроса `SELECT` должны приводиться к одному набору типов. Подобным образом, результирующие выражения конструкции `CASE` должны приводиться к общему типу, так как выражение `CASE` в целом должно иметь определённый выходной тип. То же справедливо в отношении конструкций `ARRAY` и функций `GREATEST` и `LEAST`.

Информация о существующих преобразованиях или *приведениях* типов, для каких типов они определены и как их выполнять, хранится в системных каталогах. Пользователь также может добавить дополнительные преобразования с помощью команды `CREATE CAST`. (Обычно это делается, когда определяются новые типы данных. Набор приведений для встроенных типов достаточно хорошо проработан, так что его лучше не менять.)

Дополнительная логика анализа помогает выбрать оптимальное приведение в группах типов, допускающих неявные преобразования. Для этого типы данных разделяются на несколько базовых *категорий*, которые включают: `boolean`, `numeric`, `string`, `bitstring`, `datetime`, `timespan`, `geometric`, `network` и пользовательские типы. (Полный список категорий приведён в Таблице 52.63; хотя его тоже можно расширить, определив свои категории.) В каждой категории могут быть выбраны один или несколько *предпочитаемых типов*, которые будут считаться наиболее подходящими при рассмотрении нескольких вариантов. Аккуратно выбирая предпочитаемые типы и допустимые неявные преобразования, можно добиться того, что выражения с неоднозначностями (в которых возможны разные решения задачи преобразования) будут разрешаться наилучшим образом.

Все правила преобразования типов разработаны с учётом следующих принципов:

- Результат неявных преобразованиях всегда должен быть предсказуемым и понятным.
- Если в неявном преобразовании нет нужды, анализатор и исполнитель запроса не должны тратить лишнее время на это. То есть, если запрос хорошо сформулирован и типы значений совпадают, он должен выполняться без дополнительной обработки в анализаторе и без лишних вызовов неявных преобразований.
- Кроме того, если запрос изначально требовал неявного преобразования для функции, а пользователь определил новую функцию с точно совпадающими типами аргументов, анализатор должен переключиться на новую функцию и больше не выполнять преобразование для вызова старой.

10.2. Операторы

При выборе конкретного оператора, задействованного в выражении, PostgreSQL следует описанному ниже алгоритму. Заметьте, что на этот выбор могут неявно влиять приоритеты остальных операторов в данном выражении, так как они определяют, какие подвыражения будут аргументами операторов. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 4.1.6.

Выбор оператора по типу

1. Выбрать операторы для рассмотрения из системного каталога `pg_operator`. Если имя оператора не дополнено именем схемы (обычно это так), будут рассматриваться все операторы с подходящим именем и числом аргументов, видимые в текущем пути поиска (см. Подраздел 5.8.3). Если имя оператора определено полностью, в рассмотрение принимаются только операторы из указанной схемы.
 - (Optional) Если в пути поиска оказывается несколько операторов с одинаковыми типами аргументов, учитываются только те из них, которые находятся в пути раньше. Операторы с разными типами аргументов рассматриваются на равных правах вне зависимости от их положения в пути поиска.
2. Проверить, нет ли среди них оператора с точно совпадающими типами аргументов. Если такой оператор есть (он может быть только одним в отобранном ранее наборе), использовать его.

Отсутствие точного совпадения создаёт угрозу вызова с указанием полного имени ¹ (нетипичным) любого оператора, который может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. В таких ситуациях приведите типы аргументов для получения точного совпадения.

- a. (Optional) Если один аргумент при вызове бинарного оператора имеет тип `unknown`, для данной проверки предполагается, что он имеет тот же тип, что и второй его аргумент. При вызове бинарного оператора с двумя аргументами `unknown` или унарного с одним `unknown`, оператор не будет выбран на этом шаге.
- b. (Optional) Если один аргумент при вызове бинарного оператора имеет тип `unknown`, а другой — домен, проверить, есть ли оператор, принимающий базовый тип домена с обеих сторон; если таковой находится, использовать его.

3. Найти самый подходящий.

- a. Отбросить кандидаты, для которых входные типы не совпадают и не могут быть преобразованы (неявным образом) так, чтобы они совпали. В данном случае считается, что константы типа `unknown` можно преобразовать во что угодно. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
- b. Если один из аргументов имеет тип домен, далее считать его типом базовый тип домена. Благодаря этому при поиске неоднозначно заданного оператора домены будут подобны своим базовым типам.
- c. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить все кандидаты, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
- d. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить все кандидаты, если ни один не принимает предпочитаемые типы. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
- e. Если какие-либо значения имеют тип `unknown`, проверить категории типов, принимаемых в данных позициях аргументов оставшимися кандидатами. Для каждой позиции выбрать категорию `string`, если какой-либо кандидат принимает эту категорию. (Эта склонность к строкам объясняется тем, что константа типа `unknown` выглядит как строка.) Если эта категория не подходит, но все оставшиеся кандидаты принимают одну категорию, выбрать её; в противном случае констатировать неудачу — сделать правильный выбор без дополнительных подсказок нельзя. Затем отбросить кандидаты, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидаты, принимающие другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить все кандидаты, если эти проверки не прошёл ни один. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
- f. Если в списке аргументов есть аргументы и типа `unknown`, и известного типа, и этот известный тип один для всех аргументов, предположить, что аргументы типа `unknown` также имеют этот тип, и проверить, какие кандидаты могут принимать этот тип в позиции аргумента `unknown`. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае констатировать неудачу.

Ниже это проиллюстрировано на примерах.

¹Эта угроза неактуальна для имён без схемы, так как путь поиска, содержащий схемы, в которых недоверенные пользователи могут создавать объекты, не соответствует шаблону безопасного использования схем.

Пример 10.1. Разрешение оператора факториала

В стандартном каталоге определён только один оператор факториала (постфиксный !) и он принимает аргумент типа `bigint`. При просмотре следующего выражения его аргументу изначально назначается тип `integer`:

```
SELECT 40 ! AS "40 factorial";

          40 factorial
-----
8159152832478977343456112695961158942720000000000
(1 row)
```

Анализатор выполняет преобразование типа для этого операнда и запрос становится равносильным:

```
SELECT CAST(40 AS bigint) ! AS "40 factorial";
```

Пример 10.2. Разрешение оператора конкатенации строк

Синтаксис текстовых строк используется как для записи строковых типов, так и для сложных типов расширений. Если тип не указан явно, такие строки сопоставляются по тому же алгоритму с наиболее подходящими операторами.

Пример с одним неопределённым аргументом:

```
SELECT text 'abc' || 'def' AS "text and unknown";

text and unknown
-----
abcdef
(1 row)
```

В этом случае анализатор смотрит, есть ли оператор, у которого оба аргумента имеют тип `text`. Такой оператор находится, поэтому предполагается, что второй аргумент следует воспринимать как аргумент типа `text`.

Конкатенация двух значений неопределённых типов:

```
SELECT 'abc' || 'def' AS "unspecified";

unspecified
-----
abcdef
(1 row)
```

В данном случае нет подсказки для выбора типа, так как в данном запросе никакие типы не указаны. Поэтому анализатор просматривает все возможные операторы и находит в них кандидаты, принимающие аргументы категорий `string` и `bit-string`. Так как категория `string` является предпочтительной, выбирается она, а затем для разрешения типа не типизированной константы выбирается предпочтительный тип этой категории, `text`.

Пример 10.3. Разрешение оператора абсолютного значения и отрицания

В каталоге операторов PostgreSQL для префиксного оператора @ есть несколько записей, описывающих операции получения абсолютного значения для различных числовых типов данных. Одна из записей соответствует типу `float8`, предпочтительного в категории числовых типов. Таким образом, столкнувшись со значением типа `unknown`, PostgreSQL выберет эту запись:

```
SELECT @ '-4.5' AS "abs";

abs
-----
```

```
4.5
(1 row)
```

Здесь система неявно привела константу неизвестного типа к типу `float8`, прежде чем применять выбранный оператор. Можно убедиться в том, что выбран именно тип `float8`, а не какой-то другой:

```
SELECT @ '-4.5e500' AS "abs";
```

ОШИБКА: "-4.5e500" вне диапазона для типа `double precision`

С другой стороны, префиксный оператор `~` (побитовое отрицание) определён только для целочисленных типов данных, но не для `float8`. Поэтому, если попытаться выполнить похожий запрос с `~`, мы получаем:

```
SELECT ~ '20' AS "negation";
```

ОШИБКА: оператор не уникален: `~ "unknown"`

ПОДСКАЗКА: Не удалось выбрать лучшую кандидатуру оператора. Возможно, вам следует добавить явные преобразования типов.

Это происходит оттого, что система не может решить, какой оператор предпочесть из нескольких возможных вариантов `~`. Мы можем облегчить её задачу, добавив явное преобразование:

```
SELECT ~ CAST('20' AS int8) AS "negation";
```

```
negation
-----
      -21
(1 row)
```

Пример 10.4. Разрешение оператора включения в массив

Ещё один пример разрешения оператора с одним аргументом известного типа и другим неизвестного:

```
SELECT array[1,2] <@ '{1,2,3}' as "is subset";
```

```
is subset
-----
      t
(1 row)
```

В каталоге операторов PostgreSQL есть несколько записей для инфиксного оператора `<@`, но только два из них могут принять целочисленный массива слева: оператор включения массива (`anyarray<@anyarray`) и оператор включения диапазона (`anyelement<@anyrange`). Так как ни один из этих полиморфных псевдотипов (см. Раздел 8.21) не считается предпочтительным, анализатор не может избавиться от неоднозначности на данном этапе. Однако, в Шаг 3.f говорится, что константа неизвестного типа должна рассматриваться как значение типа другого аргумента, в данном случае это целочисленный массив. После этого подходящим считается только один из двух операторов, так что выбирается оператор с целочисленными массивами. (Если бы был выбран оператор включения диапазона, мы получили бы ошибку, так как значение в строке не соответствует формату значений диапазона.)

Пример 10.5. Нестандартный оператор с доменом

Иногда пользователи пытаются ввести операторы, применимые только к определённому домену. Это возможно, но вовсе не так полезно, как может показаться, ведь правила разрешения операторов применяются к базовому типу домена. Взгляните на этот пример:

```
CREATE DOMAIN mytext AS text CHECK(...);
CREATE FUNCTION mytext_eq_text (mytext, text) RETURNS boolean AS ...;
CREATE OPERATOR = (procedure=mytext_eq_text, leftarg=mytext, rightarg=text);
```

```
CREATE TABLE mytable (val mytext);
```

```
SELECT * FROM mytable WHERE val = 'foo';
```

В этом запросе не будет использоваться нововведённый оператор. При разборе запроса сначала будет проверено, есть ли оператор `mytext = mytext` (см. Шаг 2.a), но это не так; затем будет рассмотрен базовый тип домена (`text`) и проверено наличие оператора `text = text` (см. Шаг 2.b), и таковой действительно есть; в итоге строковое значение типа `unknown` будет воспринято как `text` и будет применён оператор `text = text`. Единственный вариант задействовать нововведённый оператор — добавить явное приведение:

```
SELECT * FROM mytable WHERE val = text 'foo';
```

так, чтобы оператор `mytext = text` был найден сразу, согласно правилу точного совпадения. Если дело доходит до правил наибольшего соответствия, они активно дискредитируют операторы доменных типов. Если бы они этого не делали, с таким оператором возникало бы слишком много ошибок разрешения операторов, потому что правила приведения всегда считают домен приводимым к базовому типу и наоборот, так что доменный оператор применялся бы во всех случаях, где применяется одноимённый оператор с базовым типом.

10.3. Функции

При выборе конкретной функции, задействованной в выражении, PostgreSQL следует описанному ниже алгоритму.

Разрешение функции по типу

1. Выбрать функции для рассмотрения из системного каталога `pg_proc`. Если имя функции не дополнено именем схемы, будут рассматриваться все функции с подходящим именем и числом аргументов, видимые в текущем пути поиска (см. Подраздел 5.8.3). Если имя функции определено полностью, в рассмотрение принимаются только функции из указанной схемы.
 - a. (Optional) Если в пути поиска оказывается несколько функций с одинаковыми типами аргументов, учитываются только те из них, которые находятся в пути раньше. Функции с разными типами аргументов рассматриваются на равных правах вне зависимости от их положения в пути поиска.
 - b. (Optional) Если в числе параметров функции есть массив `VARIADIC` и при вызове не указывается ключевое слово `VARIADIC`, функция обрабатывается, как если бы этот параметр был заменён одним или несколькими параметрами типа элементов массива, по числу аргументов при вызове. После такого расширения по фактическим типам аргументов она может совпасть с некоторой функцией с постоянным числом аргументов. В этом случае используется функция, которая находится в пути раньше, а если они оказываются в одной схеме, предпочитается вариант с постоянными аргументами.

Это создаёт угрозу безопасности при вызове с полным именем ² функции с переменным числом аргументов, которая может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. Злонамеренный пользователь может перехватывать управление и выполнять произвольные SQL-функции, как будто их выполняете вы. Запись вызова с ключевым словом `VARIADIC` устраняет эту угрозу. Однако для вызовов с передачей параметров `VARIADIC "any"` часто не существует необходимой формулировки с ключом `VARIADIC`. Чтобы такие вызовы были безопасными, создание объектов в схеме функции должно разрешаться только доверенным пользователям.

- c. (Optional) Функции, для которых определены значения параметров по умолчанию, считаются совпадающими с вызовом, в котором опущено ноль или более параметров в соответствующих позициях. Если для вызова подходят несколько функций, используется та, что обнаруживается в пути поиска раньше. Если в одной схеме оказываются несколько функций с одинаковыми типами в позициях обязательных параметров (что возможно, если в них

²Эта угроза неактуальна для имён без схемы, так как путь поиска, содержащий схемы, в которых недоверенные пользователи могут создавать объекты, не соответствует шаблону безопасного использования схем.

определены разные наборы пропускаемых параметров), система не сможет выбрать оптимальную, и выдаст ошибку «неоднозначный вызов функции», если лучшее соответствие для вызова не будет найдено.

Это создаёт угрозу при вызове с полным именем² любой функции, которая может оказаться в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. Злонамеренный пользователь может создать функцию с именем уже существующей, продублировав параметры исходной и добавив дополнительные со значениями по умолчанию. В результате при последующих вызовах будет выполняться не исходная функция. Для ликвидации этой угрозы помещайте функции в схемы, в которых создавать объекты могут только доверенные объекты.

2. Проверить, нет ли функции, принимающей в точности типы входных аргументов. Если такая функция есть (она может быть только одной в отобранном ранее наборе), использовать её. Отсутствие точного совпадения создаёт угрозу вызова с полным именем² функции в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи. В таких ситуациях приведите типы аргументов для получения точного соответствия. (В случаях с `unknown` совпадения на этом этапе не будет никогда.)
3. Если точное совпадение не найдено, проверить, не похож ли вызов функции на особую форму преобразования типов. Это имеет место, когда при вызове функции передаётся всего один аргумент и имя функции совпадает с именем (внутренним) некоторого типа данных. Более того, аргументом функции должна быть либо строка неопределённого типа, либо значение типа, двоично-совместимого с указанным или приводимого к нему с помощью функций ввода/вывода типа (то есть, преобразований в стандартный строковый тип и обратно). Если эти условия выполняются, вызов функции воспринимается как особая форма конструкции `CAST`.³
4. Найти самый подходящий.
 - a. Отбросить кандидаты, для которых входные типы не совпадают и не могут быть преобразованы (неявным образом) так, чтобы они совпали. В данном случае считается, что константы типа `unknown` можно преобразовать во что угодно. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
 - b. Если один из аргументов имеет тип `домен`, далее считать его типом базовый тип домена. Благодаря этому при поиске неоднозначно заданной функции домены будут подобны своим базовым типам.
 - c. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, для которых точно совпадают как можно больше типов аргументов. Оставить все кандидаты, если точных совпадений нет. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
 - d. Просмотреть все кандидаты и оставить только те, которые принимают предпочитаемые типы (из категории типов входных значений) в наибольшем числе позиций, где требуется преобразование типов. Оставить все кандидаты, если ни один не принимает предпочитаемые типы. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.
 - e. Если какие-либо значения имеют тип `unknown`, проверить категории типов, принимаемых в данных позициях аргументов оставшимися кандидатами. Для каждой позиции выбрать категорию `string`, если какой-либо кандидат принимает эту категорию. (Эта склонность к строкам объясняется тем, что константа типа `unknown` выглядит как строка.) Если эта категория не подходит, но все оставшиеся кандидаты принимают одну категорию, выбрать её; в противном случае констатировать неудачу — сделать правильный выбор без дополнительных подсказок нельзя. Затем отбросить кандидаты, которые не принимают типы выбранной категории. Далее, если какой-либо кандидат принимает предпочитаемый тип из этой категории, отбросить кандидаты, принимающие другие, не предпочитаемые типы для данного аргумента. Оставить все кандидаты, если эти проверки не прошёл ни один. Если

³Этот шаг нужен для поддержки приведений типов в стиле вызова функции, когда на самом деле соответствующей функции приведения нет. Если такая функция приведения есть, она обычно называется именем выходного типа и необходимости в особом подходе нет. За дополнительными комментариями обратитесь к `CREATE CAST`.

остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае перейти к следующему шагу.

- f. Если в списке аргументов есть аргументы и типа `unknown`, и известного типа, и этот известный тип один для всех аргументов, предположить, что аргументы типа `unknown` также имеют этот тип, и проверить, какие кандидаты могут принимать этот тип в позиции аргумента `unknown`. Если остаётся только один кандидат, использовать его, в противном случае констатировать неудачу.

Заметьте, что для функций действуют те же правила «оптимального соответствия», что и для операторов. Они проиллюстрированы следующими примерами.

Пример 10.6. Разрешение функции округления по типам аргументов

В PostgreSQL есть только одна функция `round`, принимающая два аргумента: первый типа `numeric`, а второй — `integer`. Поэтому в следующем запросе первый аргумент `integer` автоматически приводится к типу `numeric`:

```
SELECT round(4, 4);
```

```
round
-----
4.0000
(1 row)
```

Таким образом, анализатор преобразует этот запрос в:

```
SELECT round(CAST (4 AS numeric), 4);
```

Так как числовые константы с десятичными точками изначально относятся к типу `numeric`, для следующего запроса преобразование типов не потребуется, так что он немного эффективнее:

```
SELECT round(4.0, 4);
```

Пример 10.7. Разрешение функций с переменными параметрами

```
CREATE FUNCTION public.variadic_example(VARIADIC numeric[]) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 1';
CREATE FUNCTION
```

Эта функция принимает в аргументах ключевое слово `VARIADIC`, но может вызываться и без него. Ей можно передавать и целочисленные, и любые числовые аргументы:

```
SELECT public.variadic_example(0),
       public.variadic_example(0.0),
       public.variadic_example(VARIADIC array[0.0]);
variadic_example | variadic_example | variadic_example
-----+-----+-----
1 | 1 | 1
(1 row)
```

Однако для первого и второго вызова предпочтительнее окажутся специализированные функции, если таковые есть:

```
CREATE FUNCTION public.variadic_example(numeric) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 2';
CREATE FUNCTION
```

```
CREATE FUNCTION public.variadic_example(int) RETURNS int
  LANGUAGE sql AS 'SELECT 3';
CREATE FUNCTION
```

```
SELECT public.variadic_example(0),
       public.variadic_example(0.0),
```

```

public.variadic_example(VARIADIC array[0.0]);
variadic_example | variadic_example | variadic_example
-----+-----+-----
          3 |              2 |              1
(1 row)

```

Если используется конфигурация по умолчанию и существует только первая функция, первый и второй вызовы будут небезопасными. Любой пользователь может перехватить их, создав вторую или третью функцию. Безопасным будет третий вызов, в котором тип аргумента соответствует в точности и используется ключевое слово `VARIADIC`.

Пример 10.8. Разрешение функции извлечения подстроки

В PostgreSQL есть несколько вариантов функции `substr`, и один из них принимает аргументы типов `text` и `integer`. Если эта функция вызывается со строковой константой неопределённого типа, система выбирает функцию, принимающую аргумент предпочитаемой категории `string` (а конкретнее, типа `text`).

```
SELECT substr('1234', 3);
```

```

substr
-----
      34
(1 row)

```

Если текстовая строка имеет тип `varchar`, например когда данные поступают из таблицы, анализатор попытается привести её к типу `text`:

```
SELECT substr (varchar '1234', 3);
```

```

substr
-----
      34
(1 row)

```

Этот запрос анализатор фактически преобразует в:

```
SELECT substr(CAST (varchar '1234' AS text), 3);
```

Примечание

Анализатор узнаёт из каталога `pg_cast`, что типы `text` и `varchar` двоично-совместимы, что означает, что один тип можно передать функции, принимающей другой, не выполняя физического преобразования. Таким образом, в данном случае операция преобразования на самом деле не добавляется.

И если функция вызывается с аргументом типа `integer`, анализатор попытается преобразовать его в тип `text`:

```
SELECT substr(1234, 3);
```

ОШИБКА: функция `substr(integer, integer)` не существует

ПОДСКАЗКА: Функция с данными именем и типами аргументов не найдена. Возможно, вам следует добавить явные преобразования типов.

Этот вариант не работает, так как `integer` нельзя неявно преобразовать в `text`. Однако с явным преобразованием запрос выполняется:

```
SELECT substr(CAST (1234 AS text), 3);
```

```

substr
-----

```


34

(1 row)

10.4. Хранимое значение

Значения, вставляемые в таблицу, преобразуется в тип данных целевого столбца по следующему алгоритму.

Преобразование по типу хранения

1. Проверить точное совпадение с целевым типом.
2. Если типы не совпадают, попытаться привести тип к целевому. Это возможно, если в каталоге `pg_cast` (см. `CREATE CAST`) зарегистрировано *приведение присваивания* между двумя типами. Если же результат выражения — строка неизвестного типа, содержимое этой строки будет подано на вход процедуре ввода целевого типа.
3. Проверить, не требуется ли приведение размера для целевого типа. Приведение размера — это преобразование типа к такому же. Если это приведение описано в каталоге `pg_cast`, применить к его к результату выражения, прежде чем сохранить в целевом столбце. Функция, реализующая такое приведение, всегда принимает дополнительный параметр типа `integer`, в котором передаётся значение `atttypmod` для целевого столбца (обычно это её объявленный размер, хотя интерпретироваться значение `atttypmod` для разных типов данных может по-разному), и третий параметр типа `boolean`, передающий признак явное/неявное преобразование. Функция приведения отвечает за все операции с длиной, включая её проверку и усечение данных.

Пример 10.9. Преобразование для типа хранения `character`

Следующие запросы показывают, что сохраняемое значение подгоняется под размер целевого столбца, объявленного как `character(20)`:

```
CREATE TABLE vv (v character(20));
INSERT INTO vv SELECT 'abc' || 'def';
SELECT v, octet_length(v) FROM vv;
```

v	octet_length
abcdef	20

(1 row)

Суть происходящего здесь в том, что две константы неизвестного типа по умолчанию воспринимаются как значения `text`, что позволяет применить к ним оператор `||` как оператор конкатенации значений `text`. Затем результат оператора, имеющий тип `text`, приводится к типу `bpchar` («blank-padded char» (символы, дополненные пробелами), внутреннее имя типа `character`) в соответствии с типом целевого столбца. (Так как типы `text` и `bpchar` двоично-совместимы, при этом преобразовании реальный вызов функции не добавляется.) Наконец, в системном каталоге находится функция изменения размера `bpchar(bpchar, integer, boolean)` и применяется для результата оператора и длины столбца. Эта связанная с типом функция проверяет длину данных и добавляет недостающие пробелы.

10.5. UNION, CASE и связанные конструкции

SQL-конструкция `UNION` взаимодействует с системой типов, так как ей приходится объединять значения возможно различных типов в единый результирующий набор. Алгоритм разрешения типов при этом применяется независимо к каждому отдельному столбцу запроса. Подобным образом различные типы сопоставляются при выполнении `INTERSECT` и `EXCEPT` сопоставляют различные типы подобно `UNION`. По такому же алгоритму сопоставляют типы выражений и определяют тип своего результата конструкции `CASE`, `ARRAY`, `VALUES`, `GREATEST` и `LEAST`.

Разрешение типов для UNION, CASE и связанных конструкций

1. Если все данные одного типа и это не тип `unknown`, выбрать его.

2. Если тип данных — домен, далее считать их типом базовый тип домена.⁴
3. Если все данные типа `unknown`, выбрать для результата тип `text` (предпочитаемый для категории `string`). В противном случае значения `unknown` для остальных правил игнорируются.
4. Если известные типы входных данных оказываются не из одной категории, констатировать неудачу.
5. Выбрать первый известный предпочитаемый тип из этой категории, если такой есть.
6. В противном случае выбрать последний известный тип, в который можно неявно преобразовать все данные предшествующих известных типов. (Такой тип есть всегда, в крайнем случае этому условию удовлетворяет первый тип.)
7. Привести все данные к выбранному типу. Констатировать неудачу, если для каких-либо данных преобразование в этот тип невозможно.

Ниже это проиллюстрировано на примерах.

Пример 10.10. Разрешение типов с частичным определением в `Union`

```
SELECT text 'a' AS "text" UNION SELECT 'b';
```

```
text
-----
a
b
(2 rows)
```

В данном случае константа `'b'` неизвестного типа будет преобразована в тип `text`.

Пример 10.11. Разрешение типов в простом объединении

```
SELECT 1.2 AS "numeric" UNION SELECT 1;
```

```
numeric
-----
      1
     1.2
(2 rows)
```

Константа `1.2` имеет тип `numeric` и целочисленное значение `1` может быть неявно приведено к типу `numeric`, так что используется этот тип.

Пример 10.12. Разрешение типов в противоположном объединении

```
SELECT 1 AS "real" UNION SELECT CAST('2.2' AS REAL);
```

```
real
-----
  1
 2.2
(2 rows)
```

Здесь значение типа `real` нельзя неявно привести к `integer`, но `integer` можно неявно привести к `real`, поэтому типом результата объединения будет `real`.

Пример 10.13. Разрешение типов во вложенном объединении

```
SELECT NULL UNION SELECT NULL UNION SELECT 1;
```

```
ERROR:  UNION types text and integer cannot be matched
```

⁴Так же, как домены воспринимаются при выборе операторов и функций, доменные типы могут сохраняться в конструкции `UNION` или подобной, если пользователь позаботится о том, чтобы все входные данные приводились к этому типу явно или неявно. В противном случае предпочтение будет отдано базовому типу домена.

Эта ошибка возникает из-за того, что PostgreSQL воспринимает множественные UNION как пары с вложенными операциями, то есть как запись

```
(SELECT NULL UNION SELECT NULL) UNION SELECT 1;
```

Внутренний UNION разрешается как выдающий тип `text`, согласно правилам, приведённым выше. Затем внешний UNION получает на вход типы `text` и `integer`, что и приводит к показанной ошибке. Эту проблему можно устранить, сделав так, чтобы у самого левого UNION минимум с одной стороны были данные желаемого типа результата.

Операции `INTERSECT` и `EXCEPT` также разрешаются по парам. Однако остальные конструкции, описанные в этом разделе, рассматривают все входные данные сразу.

10.6. Выходные столбцы SELECT

Правила, описанные в предыдущих разделах, распространяются на присвоение типов данных, кроме `unknown`, во всех выражениях в запросах SQL, за исключением бестиповых буквальным значений, принимающих вид простых выходных столбцов команды `SELECT`. Например, в запросе

```
SELECT 'Hello World';
```

ничто не говорит о том, какой тип должно принимать строковое буквальное значение. В этой ситуации PostgreSQL разрешит тип такого значения как `text`.

Когда `SELECT` является одной из ветвей конструкции `UNION` (или `INTERSECT/EXCEPT`) или когда он находится внутри `INSERT ... SELECT`, это правило не действует, так как более высокий приоритет имеют правила, описанные в предыдущих разделах. В первом случае тип бестипового буквального значения может быть получен из другой ветви `UNION`, а во втором — из целевого столбца.

Списки `RETURNING` в данном контексте воспринимаются так же, как выходные списки `SELECT`.

Примечание

До PostgreSQL 10 этого правила не было и бестиповые буквальное значения в выходном списке `SELECT` оставались с типом `unknown`. Это имело различные негативные последствия, так что было решено это изменить.

Глава 11. Индексы

Индексы — это традиционное средство увеличения производительности БД. Используя индекс, сервер баз данных может находить и извлекать нужные строки гораздо быстрее, чем без него. Однако с индексами связана дополнительная нагрузка на СУБД в целом, поэтому применять их следует обдуманно.

11.1. Введение

Предположим, что у нас есть такая таблица:

```
CREATE TABLE test1 (  
    id integer,  
    content varchar  
);
```

и приложение выполняет много подобных запросов:

```
SELECT content FROM test1 WHERE id = константа;
```

Если система не будет заранее подготовлена, ей придётся сканировать всю таблицу `test1`, строку за строкой, чтобы найти все подходящие записи. Когда таблица `test1` содержит большое количество записей, а этот запрос должен вернуть всего несколько (возможно, одну или ноль), такое сканирование, очевидно, неэффективно. Но если создать в системе индекс по полю `id`, она сможет находить строки гораздо быстрее. Возможно, для этого ей понадобится опуститься всего на несколько уровней в дереве поиска.

Подобный подход часто используется в технической литературе: термины и понятия, которые могут представлять интерес, собираются в алфавитном указателе в конце книги. Читатель может просмотреть этот указатель довольно быстро и затем перейти сразу к соответствующей странице, вместо того, чтобы пролистывать всю книгу в поисках нужного материала. Так же, как задача автора предугадать, что именно будут искать в книге читатели, задача программиста баз данных — заранее определить, какие индексы будут полезны.

Создать индекс для столбца `id` рассмотренной ранее таблицы можно с помощью следующей команды:

```
CREATE INDEX test1_id_index ON test1 (id);
```

Имя индекса `test1_id_index` может быть произвольным, главное, чтобы оно позволяло понять, для чего этот индекс.

Для удаления индекса используется команда `DROP INDEX`. Добавлять и удалять индексы можно в любое время.

Когда индекс создан, никакие дополнительные действия не требуются: система сама будет обновлять его при изменении данных в таблице и сама будет использовать его в запросах, где, по её мнению, это будет эффективнее, чем сканирование всей таблицы. Вам, возможно, придётся только периодически запускать команду `ANALYZE` для обновления статистических данных, на основе которых планировщик запросов принимает решения. В Главе 14 вы можете узнать, как определить, используется ли определённый индекс и при каких условиях планировщик может решить *не* использовать его.

Индексы могут быть полезны также при выполнении команд `UPDATE` и `DELETE` с условиями поиска. Кроме того, они могут применяться в поиске с соединением. То есть, индекс, определённый для столбца, участвующего в условии соединения, может значительно ускорить запросы с `JOIN`.

Создание индекса для большой таблицы может занимать много времени. По умолчанию PostgreSQL позволяет параллельно с созданием индекса выполнять чтение (операторы `SELECT`) таблицы, но операции записи (`INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`) блокируются до окончания построения индекса. Для производственной среды это ограничение часто бывает неприемлемым. Хотя есть

возможность разрешить запись параллельно с созданием индексов, при этом нужно учитывать ряд оговорок — они описаны в подразделе «Неблокирующее построение индексов».

После создания индекса система должна поддерживать его в состоянии, соответствующем данным таблицы. С этим связаны неизбежные накладные расходы при изменении данных. Таким образом, индексы, которые используются в запросах редко или вообще никогда, должны быть удалены.

11.2. Типы индексов

PostgreSQL поддерживает несколько типов индексов: B-дерево, хеш, GiST, SP-GiST, GIN и BRIN. Для разных типов индексов применяются разные алгоритмы, ориентированные на определённые типы запросов. По умолчанию команда `CREATE INDEX` создаёт индексы типа B-дерево, эффективные в большинстве случаев.

B-деревья могут работать в условиях на равенство и в проверках диапазонов с данными, которые можно отсортировать в некотором порядке. Точнее, планировщик запросов PostgreSQL может задействовать индекс-B-дерево, когда индексируемый столбец участвует в сравнении с одним из следующих операторов:

```
<
<=
=
>=
>
```

При обработке конструкций, представимых как сочетание этих операторов, например `BETWEEN` и `IN`, так же может выполняться поиск по индексу-B-дереву. Кроме того, такие индексы могут использоваться и в условиях `IS NULL` и `IS NOT NULL` по индексированным столбцам.

Также оптимизатор может использовать эти индексы в запросах с операторами сравнения по шаблону `LIKE` и `~`, если этот шаблон определяется константой и он привязан к началу строки — например, `col LIKE 'foo%'` или `col ~ '^foo'`, но не `col LIKE '%bar'`. Но если ваша база данных использует не локаль C, для поддержки индексирования запросов с шаблонами вам потребуется создать индекс со специальным классом операторов; см. Раздел 11.9. Индексы-B-деревья можно использовать и для `ILIKE` и `~*`, но только если шаблон начинается не с алфавитных символов, то есть символов, не подверженных преобразованию регистра.

B-деревья могут также применяться для получения данных, отсортированных по порядку. Это не всегда быстрее простого сканирования и сортировки, но иногда бывает полезно.

Хеш-индексы работают только с простыми условиями равенства. Планировщик запросов может применить хеш-индекс, только если индексируемый столбец участвует в сравнении с оператором `=`. Создать такой индекс можно следующей командой:

```
CREATE INDEX имя ON таблица USING HASH (столбец);
```

GiST-индексы представляют собой не просто разновидность индексов, а инфраструктуру, позволяющую реализовать много разных стратегий индексирования. Как следствие, GiST-индексы могут применяться с разными операторами, в зависимости от стратегии индексирования (класса операторов). Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает классы операторов GiST для нескольких двумерных типов геометрических данных, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<<
&<
&>
>>
<<|
&<|
|&>
```

```
|>>
@>
<@
~=
&&
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.11.) Классы операторов GiST, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 64.1. В коллекции `contrib` можно найти и другие классы операторов GiST, реализованные как отдельные проекты. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.

GiST-индексы также могут оптимизировать поиск «ближайшего соседа», например такой:

```
SELECT * FROM places ORDER BY location <-> point '(101,456)' LIMIT 10;
```

который возвращает десять расположений, ближайших к заданной точке. Возможность такого применения индекса опять же зависит от класса используемого оператора. Операторы, которые можно использовать таким образом, перечислены в Таблице 64.1, в столбце «Операторы сортировки».

Индексы SP-GiST, как и GiST, предоставляют инфраструктуру, поддерживающие различные типы поиска. SP-GiST позволяет организовывать на диске самые разные несбалансированные структуры данных, такие как деревья квадрантов, k-мерные и префиксные деревья. Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает классы операторов SP-GiST для точек в двумерном пространстве, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<<
>>
~=
<@
<^
>^
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.11.) Классы операторов SP-GiST, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 65.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 65.

GIN-индексы представляют собой «инвертированные индексы», в которых могут содержаться значения с несколькими ключами, например массивы. Инвертированный индекс содержит отдельный элемент для значения каждого компонента, и может эффективно работать в запросах, проверяющих присутствие определённых значений компонентов.

Подобно GiST и SP-GiST, индексы GIN могут поддерживать различные определённые пользователем стратегии и в зависимости от них могут применяться с разными операторами. Например, стандартный дистрибутив PostgreSQL включает класс операторов GIN для массивов, что позволяет применять индексы в запросах с операторами:

```
<@
@>
=
&&
```

(Эти операторы описаны в Разделе 9.18.) Классы операторов GIN, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 66.1. В коллекции `contrib` и в отдельных проектах можно найти и много других классов операторов GIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 66.

BRIN-индексы (сокращение от Block Range INdexes, Индексы зон блоков) хранят обобщённые сведения о значениях, находящихся в физически последовательно расположенных блоках таблицы. Подобно GiST, SP-GiST и GIN, индексы BRIN могут поддерживать определённые пользователем стратегии, и в зависимости от них применяться с разными операторами. Для типов данных, имеющих линейный порядок сортировки, записям в индексе соответствуют минимальные и максималь-

ные значения данных в столбце для каждой зоны блоков. Это позволяет поддерживать запросы со следующими операторами:

```
<
<=
=
>=
>
```

Классы операторов BRIN, включённые в стандартный дистрибутив, описаны в Таблице 67.1. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 67.

11.3. Составные индексы

Индексы можно создавать и по нескольким столбцам таблицы. Например, если у вас есть таблица:

```
CREATE TABLE test2 (
    major int,
    minor int,
    name varchar
);
```

(предположим, что вы поместили в неё содержимое каталога /dev) и вы часто выполняете запросы вида:

```
SELECT name FROM test2 WHERE major = константа AND minor = константа;
```

тогда имеет смысл определить индекс, покрывающий оба столбца major и minor. Например:

```
CREATE INDEX test2_mm_idx ON test2 (major, minor);
```

В настоящее время составными могут быть только индексы типов В-дерево, GiST, GIN и BRIN. Число столбцов в индексе ограничивается 32. (Этот предел можно изменить при компиляции PostgreSQL; см. файл pg_config_manual.h.)

Составной индекс-В-дерево может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса, но наиболее эффективен он при ограничениях по ведущим (левым) столбцам. Точное правило состоит в том, что сканируемая область индекса определяется условиями равенства с ведущими столбцами и условиями неравенства с первым столбцом, не участвующим в условии равенства. Ограничения столбцов правее них также проверяются по индексу, так что обращение к таблице откладывается, но на размер сканируемой области индекса это уже не влияет. Например, если есть индекс по столбцам (a, b, c) и условие WHERE a = 5 AND b >= 42 AND c < 77, индекс будет сканироваться от первой записи a = 5 и b = 42 до последней с a = 5. Записи индекса, в которых c >= 77, не будут учитываться, но, тем не менее, будут просканированы. Этот индекс в принципе может использоваться в запросах с ограничениями по b и/или c, без ограничений столбца a, но при этом будет просканирован весь индекс, так что в большинстве случаев планировщик предпочтёт использованию индекса полное сканирование таблицы.

Составной индекс GiST может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса. Условия с дополнительными столбцами ограничивают записи, возвращаемые индексом, но в первую очередь сканируемая область индекса определяется ограничением первого столбца. GiST-индекс будет относительно малоэффективен, когда первый его столбец содержит только несколько различающихся значений, даже если дополнительные столбцы дают множество различных значений.

Составной индекс GIN может применяться в условиях с любым подмножеством столбцов индекса. В отличие от индексов GiST или В-деревьев, эффективность поиска по нему не меняется в зависимости от того, какие из его столбцов используются в условиях запроса.

Составной индекс BRIN может применяться в условиях запроса с любым подмножеством столбцов индекса. Подобно индексу GIN и в отличие от В-деревьев или GiST, эффективность поиска по нему

не меняется в зависимости от того, какие из его столбцов используются в условиях запроса. Единственное, зачем в одной таблице могут потребоваться несколько индексов BRIN вместо одного составного индекса — это затем, чтобы применялись разные параметры хранения `pages_per_range`.

При этом, разумеется, каждый столбец должен использоваться с операторами, соответствующими типу индекса; ограничения с другими операторами рассматриваться не будут.

Составные индексы следует использовать обдуманно. В большинстве случаев индекс по одному столбцу будет работать достаточно хорошо и сэкономит время и место. Индексы по более чем трём столбцам вряд ли будут полезными, если только таблица не используется крайне однообразно. Описание достоинств различных конфигураций индексов можно найти в Разделе 11.5 и Разделе 11.11.

11.4. Индексы и предложения ORDER BY

Помимо простого поиска строк для выдачи в результате запроса, индексы также могут применяться для сортировки строк в определённом порядке. Это позволяет учесть предложение `ORDER BY` в запросе, не выполняя сортировку дополнительно. Из всех типов индексов, которые поддерживает PostgreSQL, сортировать данные могут только B-деревья — индексы других типов возвращают строки в неопределённом, зависящем от реализации порядке.

Планировщик может выполнить указание `ORDER BY`, либо просканировав существующий индекс, подходящий этому указанию, либо просканировав таблицу в физическом порядке и выполнив сортировку явно. Для запроса, требующего сканирования большей части таблицы, явная сортировка скорее всего будет быстрее, чем применение индекса, так как при последовательном чтении она потребует меньше операций ввода/вывода. Важный особый случай представляет `ORDER BY` в сочетании с `LIMIT n`: при явной сортировке системе потребуется обработать все данные, чтобы выбрать первые n строк, но при наличии индекса, соответствующего столбцам в `ORDER BY`, первые n строк можно получить сразу, не просматривая остальные вовсе.

По умолчанию элементы B-дерева хранятся в порядке возрастания, при этом значения `NULL` идут в конце. Это означает, что при прямом сканировании индекса по столбцу x порядок оказывается соответствующим указанию `ORDER BY x` (или точнее, `ORDER BY x ASC NULLS LAST`). Индекс также может сканироваться в обратную сторону, и тогда порядок соответствует указанию `ORDER BY x DESC` (или точнее, `ORDER BY x DESC NULLS FIRST`, так как для `ORDER BY DESC` подразумевается `NULLS FIRST`).

Вы можете изменить порядок сортировки элементов B-дерева, добавив уточнения `ASC`, `DESC`, `NULLS FIRST` и/или `NULLS LAST` при создании индекса; например:

```
CREATE INDEX test2_info_nulls_low ON test2 (info NULLS FIRST);
CREATE INDEX test3_desc_index ON test3 (id DESC NULLS LAST);
```

Индекс, в котором элементы хранятся в порядке возрастания и значения `NULL` идут первыми, может удовлетворять указанию `ORDER BY x ASC NULLS FIRST` или `ORDER BY x DESC NULLS LAST`, в зависимости от направления просмотра.

У вас может возникнуть вопрос, зачем нужны все четыре варианта при создании индексов, когда и два варианта с учётом обратного просмотра покрывают все виды `ORDER BY`. Для индексов по одному столбцу это и в самом деле излишне, но для индексов по многим столбцам это может быть полезно. Рассмотрим индекс по двум столбцам (x, y) : он может удовлетворять указанию `ORDER BY x, y` при прямом сканировании или `ORDER BY x DESC, y DESC` при обратном. Но вполне возможно, что приложение будет часто выполнять `ORDER BY x ASC, y DESC`. В этом случае получить такую сортировку от простого индекса нельзя, но можно получить подходящий индекс, определив его как $(x \text{ ASC}, y \text{ DESC})$ или $(x \text{ DESC}, y \text{ ASC})$.

Очевидно, что индексы с нестандартными правилами сортировки весьма специфичны, но иногда они могут кардинально ускорить определённые запросы. Стоит ли вводить такие индексы, зависит от того, как часто выполняются запросы с необычным порядком сортировки.

11.5. Объединение нескольких индексов

При простом сканировании индекса могут обрабатываться только те предложения в запросе, в которых применяются операторы его класса и объединяет их AND. Например, для индекса (a, b) условие запроса WHERE a = 5 AND b = 6 сможет использовать этот индекс, а запрос WHERE a = 5 OR b = 6 — нет.

К счастью, PostgreSQL способен соединять несколько индексов (и в том числе многократно применять один индекс) и охватывать также случаи, когда сканирование одного индекса недостаточно. Система может сформировать условия AND и OR за несколько проходов индекса. Например, запрос WHERE x = 42 OR x = 47 OR x = 53 OR x = 99 можно разбить на четыре сканирования индекса по x, по сканированию для каждой части условия. Затем результаты этих сканирований будут логически сложены (OR) вместе и дадут конечный результат. Другой пример — если у нас есть отдельные индексы по x и y, запрос WHERE x = 5 AND y = 6 можно выполнить, применив индексы для соответствующих частей запроса, а затем вычислив логическое произведение (AND) для найденных строк, которое и станет конечным результатом.

Выполняя объединение нескольких индексов, система сканирует все необходимые индексы и создаёт в памяти *битовую карту* расположения строк таблицы, которые удовлетворяют условиям каждого индекса. Затем битовые карты объединяются операциями AND и OR, как того требуют условия в запросе. Наконец система обращается к соответствующим отмеченным строкам таблицы и возвращает их данные. Строки таблицы просматриваются в физическом порядке, как они представлены в битовой карте; это означает, что порядок сортировки индексов при этом теряется и в запросах с предложением ORDER BY сортировка будет выполняться отдельно. По этой причине, а также потому, что каждое сканирование индекса занимает дополнительное время, планировщик иногда выбирает простое сканирование индекса, несмотря на то, что можно было бы подключить и дополнительные индексы.

В большинстве приложений (кроме самых простых) полезными могут оказаться различные комбинации индексов, поэтому разработчик баз данных, определяя набор индексов, должен искать компромиссное решение. Иногда оказываются хороши составные индексы, а иногда лучше создать отдельные индексы и положиться на возможности объединения индексов. Например, если типичную нагрузку составляют запросы иногда с условием только по столбцу x, иногда только по y, а иногда по обоим столбцам, вы можете ограничиться двумя отдельными индексами по x и y, рассчитывая на то, что при обработке условий с обоими столбцами эти индексы будут объединяться. С другой стороны, вы можете создать один составной индекс по (x, y). Этот индекс скорее всего будет работать эффективнее, чем объединение индексов, в запросах с двумя столбцами, но как говорилось в Разделе 11.3, он будет практически бесполезен для запросов с ограничениями только по y, так что одного этого индекса будет недостаточно. Выигрышным в этом случае может быть сочетание составного индекса с отдельным индексом по y. В запросах, где задействуется только x, может применяться составной индекс, хотя он будет больше и, следовательно, медленнее индекса по одному x. Наконец, можно создать все три индекса, но это будет оправдано, только если данные в таблице изменяются гораздо реже, чем выполняется поиск в таблице, при этом частота запросов этих трёх типов примерно одинакова. Если запросы какого-то одного типа выполняются гораздо реже других, возможно лучше будет оставить только два индекса, соответствующих наиболее частым запросам.

11.6. Уникальные индексы

Индексы также могут обеспечивать уникальность значения в столбце или уникальность сочетания значений в нескольких столбцах.

```
CREATE UNIQUE INDEX имя ON таблица (столбец [, ...])
[ INCLUDE (столбец [, ...]) ];
```

В настоящее время обеспечение уникальности поддерживают только индексы-B-деревья.

Если индекс создаётся как уникальный, в таблицу нельзя будет добавить несколько строк с одинаковыми значениями ключа индекса. При этом значения NULL считаются не равными друг дру-

гу. Составной уникальный индекс не принимает только те строки, в которых все индексируемые столбцы содержат одинаковые значения. Столбцы, включённые предложением `INCLUDE`, не учитываются при выявлении одинаковых записей индекса.

Когда для таблицы определяется ограничение уникальности или первичный ключ, PostgreSQL автоматически создаёт уникальный индекс по всем столбцам, составляющим это ограничение или первичный ключ (индекс может быть составным). Такой индекс и является механизмом, который обеспечивает выполнение ограничения.

Примечание

Для уникальных столбцов не нужно вручную создавать отдельные индексы — они просто продублируют индексы, созданные автоматически.

11.7. Индексы по выражениям

Индекс можно создать не только по столбцу нижележащей таблицы, но и по функции или скалярному выражению с одним или несколькими столбцами таблицы. Это позволяет быстро находить данные в таблице по результатам вычислений.

Например, для сравнений без учёта регистра символов часто используется функция `lower`:

```
SELECT * FROM test1 WHERE lower(col1) = 'value';
```

Этот запрос сможет использовать индекс, определённый для результата функции `lower(col1)` так:

```
CREATE INDEX test1_lower_col1_idx ON test1 (lower(col1));
```

Если мы объявим этот индекс уникальным (`UNIQUE`), он не даст добавить строки, в которых значения `col1` различаются только регистром, как и те, в которых значения `col1` действительно одинаковые. Таким образом, индексы по выражениям можно использовать ещё и для обеспечения ограничений, которые нельзя записать как простые ограничения уникальности.

Если же часто выполняются запросы вида:

```
SELECT * FROM people WHERE (first_name || ' ' || last_name) = 'John Smith';
```

тогда, возможно, стоит создать такой индекс:

```
CREATE INDEX people_names ON people ((first_name || ' ' || last_name));
```

Синтаксис команды `CREATE INDEX` обычно требует заключать индексные выражения в скобки, как показано во втором примере. Если же выражение представляет собой просто вызов функции, как в первом примере, дополнительные скобки можно опустить.

Поддержка индексируемых выражений обходится довольно дорого, так как эти выражения должны вычисляться при добавлении каждой строки и при каждом последующем изменении. Однако при поиске по индексу индексируемое выражение *не* вычисляется повторно, так как его результат уже сохранён в индексе. В рассмотренных выше случаях система видит запрос как `WHERE столбец_индекса = 'константа'` и поэтому поиск выполняется так же быстро, как и с простым индексом. Таким образом, индексы по выражениям могут быть полезны, когда скорость извлечения данных гораздо важнее скорости добавления и изменения.

11.8. Частичные индексы

Частичный индекс — это индекс, который строится по подмножеству строк таблицы, определяемому условным выражением (оно называется *предикатом* частичного индекса). Такой индекс содержит записи только для строк, удовлетворяющих предикату. Частичные индексы довольно специфичны, но в ряде ситуаций они могут быть очень полезны.

Частичные индексы могут быть полезны, во-первых, тем, что позволяют избежать индексирования распространённых значений. Так как при поиске распространённого значения (такого, которое содержится в значительном проценте всех строк) индекс всё равно не будет использоваться, хранить эти строки в индексе нет смысла. Исключив их из индекса, можно уменьшить его размер, а значит и ускорить запросы, использующие этот индекс. Это также может ускорить операции изменения данных в таблице, так как индекс будет обновляться не всегда. Возможное применение этой идеи проиллюстрировано в Примере 11.1.

Пример 11.1. Настройка частичного индекса, исключаящего распространённые значения

Предположим, что вы храните в базе данных журнал обращений к корпоративному сайту. Большая часть обращений будет происходить из диапазона IP-адресов вашей компании, а остальные могут быть откуда угодно (например, к нему могут подключаться внешние сотрудники с динамическими IP). Если при поиске по IP вас обычно интересуют внешние подключения, IP-диапазон внутренней сети компании можно не включать в индекс.

Пусть у вас есть такая таблица:

```
CREATE TABLE access_log (  
    url varchar,  
    client_ip inet,  
    ...  
);
```

Создать частичный индекс для нашего примера можно так:

```
CREATE INDEX access_log_client_ip_ix ON access_log (client_ip)  
WHERE NOT (client_ip > inet '192.168.100.0' AND  
          client_ip < inet '192.168.100.255');
```

Так будет выглядеть типичный запрос, использующий этот индекс:

```
SELECT *  
FROM access_log  
WHERE url = '/index.html' AND client_ip = inet '212.78.10.32';
```

А следующий запрос не будет использовать этот индекс:

```
SELECT *  
FROM access_log  
WHERE client_ip = inet '192.168.100.23';
```

Заметьте, что при таком определении частичного индекса необходимо, чтобы распространённые значения были известны заранее, так что такие индексы лучше использовать, когда распределение данных не меняется. Хотя такие индексы можно пересоздавать время от времени, подстраиваясь под новое распределение, это значительно усложняет поддержку.

Во-вторых, частичные индексы могут быть полезны тем, что позволяют исключить из индекса значения, которые обычно не представляют интереса; это проиллюстрировано в Примере 11.2. При этом вы получаете те же преимущества, что и в предыдущем случае, но система не сможет извлечь «неинтересные» значения по этому индексу, даже если сканирование индекса может быть эффективным. Очевидно, настройка частичных индексов в таких случаях требует тщательного анализа и тестирования.

Пример 11.2. Настройка частичного индекса, исключаящего неинтересные значения

Если у вас есть таблица, в которой хранятся и оплаченные, и неоплаченные счета, и при этом неоплаченные счета составляют только небольшую часть всей таблицы, но представляют наибольший интерес, производительность запросов можно увеличить, создав индекс только по неоплаченным счетам. Сделать это можно следующей командой:

```
CREATE INDEX orders_unbilled_index ON orders (order_nr)  
WHERE billed is not true;
```

Этот индекс будет применяться, например в таком запросе:

```
SELECT * FROM orders WHERE billed is not true AND order_nr < 10000;
```

Однако он также может применяться в запросах, где `order_nr` вообще не используется, например:

```
SELECT * FROM orders WHERE billed is not true AND amount > 5000.00;
```

Конечно, он будет не так эффективен, как мог бы быть частичный индекс по столбцу `amount`, так как системе придётся сканировать его целиком. Тем не менее, если неоплаченных счетов сравнительно мало, выиграть при поиске неоплаченного счёта можно и с таким частичным индексом.

Заметьте, что в таком запросе этот индекс не будет использоваться:

```
SELECT * FROM orders WHERE order_nr = 3501;
```

Счёт с номером 3501 может оказаться, как в числе неоплаченных, так и оплаченных.

Пример 11.2 также показывает, что индексируемый столбец не обязательно должен совпадать со столбцом, используемым в предикате. PostgreSQL поддерживает частичные индексы с произвольными предикатами — главное, чтобы в них фигурировали только столбцы индексируемой таблицы. Однако не забывайте, что предикат должен соответствовать условиям запросов, для оптимизации которых предназначается данный индекс. Точнее, частичный индекс будет применяться в запросе, только если система сможет понять, что условие `WHERE` данного запроса математически сводится к предикату индекса. Но учтите, что PostgreSQL не умеет доказывать математические утверждения об эквивалентности выражений, записанных в разных формах. (Составить программу для таких доказательств крайне сложно, и если даже это удастся, скорость её будет неприемлема для применения на практике.) Система может выявить только самые простые следствия с неравенствами; например, понять, что из « $x < 1$ » следует « $x < 2$ »; во всех остальных случаях условие предиката должно точно совпадать с условием в предложении `WHERE`, иначе индекс будет считаться неподходящим. Сопоставление условий происходит во время планирования запросов, а не во время выполнения. Как следствие, запросы с параметрами не будут работать с частичными индексами. Например, условие с параметром « $x < ?$ » в подготовленном запросе никогда не будет сведено к « $x < 2$ » при всех возможных значениях параметра.

Третье возможное применение частичных индексов вообще не связано с использованием индекса в запросах. Идея заключается в том, чтобы создать уникальный индекс по подмножеству строк таблицы, как в Примере 11.3. Это обеспечит уникальность среди строк, удовлетворяющих условию предиката, но никак не будет ограничивать остальные.

Пример 11.3. Настройка частичного уникального индекса

Предположим, что у нас есть таблица с результатами теста. Мы хотим, чтобы для каждого сочетания предмета и целевой темы была только одна запись об успешном результате, а неудачных попыток могло быть много. Вот как можно этого добиться:

```
CREATE TABLE tests (  
    subject text,  
    target text,  
    success boolean,  
    ...  
);  
  
CREATE UNIQUE INDEX tests_success_constraint ON tests (subject, target)  
    WHERE success;
```

Этот подход будет особенно эффективным, когда неудачных попыток будет намного больше, чем удачных.

Наконец, с помощью частичных индексов можно также переопределять выбираемый системой план запроса. Возможно, что для данных с неудачным распределением система решит использовать индекс, тогда как на самом деле это неэффективно. В этом случае индекс можно настроить так, чтобы в подобных запросах он не работал. Обычно PostgreSQL принимает разумные решения относительно применения индексов (т. е. старается не использовать их для получения распростра-

нённых значений, так что частичный индекс в вышеприведённом примере помог только уменьшить размер индекса, для отказа от использования индекса он не требовался), поэтому крайне неэффективный план может быть поводом для сообщения об ошибке.

Помните, что настраивая частичный индекс, вы тем самым заявляете, что знаете о данных гораздо больше, чем планировщик запросов. В частности, вы знаете, когда такой индекс может быть полезен. Это знание обязательно должно подкрепляться опытом и пониманием того, как работают индексы в PostgreSQL. В большинстве случаев преимущества частичных индексов по сравнению с обычными будут минимальными.

Узнать о частичных индексах больше можно в следующих источниках: ston89b, olson93 и seshadri95.

11.9. Семейства и классы операторов

В определении индекса можно указать *класс операторов* для каждого столбца индекса.

```
CREATE INDEX имя ON таблица (столбец класс_операторов [параметры сортировки] [, ...]);
```

Класс операторов определяет, какие операторы будет использовать индекс для этого столбца. Например, индекс-B-дерево по столбцу `int4` будет использовать класс `int4_ops`; этот класс операторов включает операции со значениями типа `int4`. На практике часто достаточно принять класс операторов, назначенный для типа столбца классом по умолчанию. Однако для некоторых типов данных могут иметь смысл несколько разных вариантов индексирования и реализовать их как раз позволяют разные классы операторов. Например, комплексные числа можно сортировать как по вещественной части, так и по модулю. Получить два варианта индексов для них можно, определив два класса операторов для данного типа и выбрав соответствующий класс при создании индекса. Выбранный класс операторов задаст основной порядок сортировки данных (его можно уточнить, добавив параметры `COLLATE`, `ASC/DESC` и/или `NULLS FIRST/NULLS LAST`).

Помимо классов операторов по умолчанию есть ещё несколько встроенных:

- Классы операторов `text_pattern_ops`, `varchar_pattern_ops` и `bpchar_pattern_ops` поддерживают индексы-B-дерева для типов `text`, `varchar` и `char`, соответственно. От стандартных классов операторов они отличаются тем, что сравнивают значения по символам, не применяя правила сортировки, определённые локалью. Благодаря этому они подходят для запросов с поиском по шаблону (с `LIKE` и регулярными выражениями POSIX), когда локаль базы данных не стандартная «C». Например, вы можете проиндексировать столбец `varchar` так:

```
CREATE INDEX test_index ON test_table (col varchar_pattern_ops);
```

Заметьте, что при этом также следует создать индекс с классом операторов по умолчанию, если вы хотите ускорить запросы с обычными сравнениями `<`, `<=`, `>` и `>=` за счёт применения индексов. Классы операторов `xxx_pattern_ops` не подходят для таких сравнений. (Однако для проверки равенств эти классы операторов вполне пригодны.) В подобных случаях для одного столбца можно создать несколько индексов с разными классами операторов. Если же вы используете локаль C, классы операторов `xxx_pattern_ops` вам не нужны, так как для поиска по шаблону в локали C будет достаточно индексов с классом операторов по умолчанию.

Следующий запрос выводит список всех существующих классов операторов:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opc.opcname AS opclass_name,
       opc.opcintype::regtype AS indexed_type,
       opc.opcdefault AS is_default
FROM pg_am am, pg_opclass opc
WHERE opc.opcmethod = am.oid
ORDER BY index_method, opclass_name;
```

Класс операторов на самом деле является всего лишь подмножеством большой структуры, называемой *семейством операторов*. В случаях, когда несколько типов данных ведут себя одинаково, часто имеет смысл определить операторы так, чтобы они могли использоваться с индексами сразу

нескольких типов. Сделать это можно, сгруппировав классы операторов для этих типов в одном семействе операторов. Такие многоцелевые операторы, являясь членами семейства, не будут связаны с каким-либо одним его классом.

Расширенная версия предыдущего запроса показывает семью операторов, к которой принадлежит каждый класс операторов:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opc.opcname AS opclass_name,
       opf.opfname AS opfamily_name,
       opc.opcintype::regtype AS indexed_type,
       opc.opcdefault AS is_default
FROM pg_am am, pg_opclass opc, pg_opfamily opf
WHERE opc.opcmethod = am.oid AND
      opc.opcfamily = opf.oid
ORDER BY index_method, opclass_name;
```

Этот запрос выводит все существующие семейства операторов и все операторы, включённые в эти семейства:

```
SELECT am.amname AS index_method,
       opf.opfname AS opfamily_name,
       amop.amopopr::regoperator AS opfamily_operator
FROM pg_am am, pg_opfamily opf, pg_amop amop
WHERE opf.opfmethod = am.oid AND
      amop.amopffamily = opf.oid
ORDER BY index_method, opfamily_name, opfamily_operator;
```

11.10. Индексы и правила сортировки

Один индекс может поддерживать только одно правило сортировки для индексируемого столбца. Поэтому при необходимости применять разные правила сортировки могут потребоваться несколько индексов.

Рассмотрим следующие операторы:

```
CREATE TABLE test1c (
    id integer,
    content varchar COLLATE "x"
);
```

```
CREATE INDEX test1c_content_index ON test1c (content);
```

Этот индекс автоматически использует правило сортировки нижележащего столбца. И запрос вида

```
SELECT * FROM test1c WHERE content > константа;
```

сможет использовать этот индекс, так как при сравнении по умолчанию будет действовать правило сортировки столбца. Однако этот индекс не поможет ускорить запросы с каким-либо другим правилом сортировки. Поэтому, если интерес представляют также и запросы вроде

```
SELECT * FROM test1c WHERE content > константа COLLATE "y";
```

для них можно создать дополнительный индекс, поддерживающий правило сортировки "y", примерно так:

```
CREATE INDEX test1c_content_y_index ON test1c (content COLLATE "y");
```

11.11. Сканирование только индекса

Все индексы в PostgreSQL являются *вторичными*, что значит, что каждый индекс хранится вне области основных данных таблицы (которая в терминологии PostgreSQL называется *кучей* табли-

цы). Это значит, что при обычном сканировании индекса для извлечения каждой строки необходимо прочитать данные и из индекса, и из кучи. Более того, тогда как элементы индекса, соответствующие заданному условию `WHERE`, обычно находятся в индексе рядом, строки таблицы могут располагаться в куче произвольным образом. Таким образом, обращение к куче при поиске по индексу влечёт множество операций произвольного чтения кучи, которые могут обойтись недёшево, особенно на традиционных вращающихся носителях. (Как описано в Разделе 11.5, сканирование по битовой карте пытается снизить стоимость этих операций, упорядочивая доступ к куче, но не более того.)

Чтобы решить эту проблему с производительностью, PostgreSQL поддерживает *сканирование только индекса*, при котором результат запроса может быть получен из самого индекса, без обращения к куче. Основная идея такого сканирования в том, чтобы выдавать значения непосредственно из элемента индекса, и не обращаться к соответствующей записи в куче. Для применения этого метода есть два фундаментальных ограничения:

1. Тип индекса должен поддерживать сканирование только индекса. Индексы-B-деревья поддерживают его всегда. Индексы GiST и SP-GiST могут поддерживать его с одними классами операторов и не поддерживать с другими. Другие индексы такое сканирование не поддерживают. Суть нижележащего требования в том, что индекс должен физически хранить или каким-то образом восстанавливать исходное значение данных для каждого элемента индекса. В качестве контрпримера, индексы GIN неспособны поддерживать сканирование только индекса, так как в элементах индекса обычно хранится только часть исходного значения данных.
2. Запрос должен обращаться только к столбцам, сохранённым в индексе. Например, если в таблице построен индекс по столбцам `x` и `y`, и в ней есть также столбец `z`, такие запросы будут использовать сканирование только индекса:

```
SELECT x, y FROM tab WHERE x = 'key';
SELECT x FROM tab WHERE x = 'key' AND y < 42;
```

А эти запросы не будут:

```
SELECT x, z FROM tab WHERE x = 'key';
SELECT x FROM tab WHERE x = 'key' AND z < 42;
```

(Индексы по выражениям и частичные индексы усложняют это правило, как описано ниже.)

Если два этих фундаментальных ограничения выполняются, то все данные, требуемые для выполнения запроса, содержатся в индексе, так что сканирование только по индексу физически возможно. Но в PostgreSQL существует и ещё одно требование для сканирования таблицы: необходимо убедиться, что все возвращаемые строки «видны» в снимке MVCC запроса, как описано в Главе 13. Информация о видимости хранится не в элементах индекса, а только в куче; поэтому на первый взгляд может показаться, что для получения данных каждой строки всё равно необходимо обращаться к куче. И это в самом деле так, если в таблице недавно произошли изменения. Однако для редко меняющихся данных есть возможность обойти эту проблему. PostgreSQL отслеживает для каждой страницы в куче таблицы, являются ли все строки в этой странице достаточно старыми, чтобы их видели все текущие и будущие транзакции. Это отражается в битах в *карте видимости* таблицы. Процедура сканирования только индекса, найдя потенциально подходящую запись в индексе, проверяет бит в карте видимости для соответствующей страницы в куче. Если он установлен, значит эта строка видна, и данные могут быть возвращены сразу. В противном случае придётся посетить запись строки в куче и проверить, видима ли она, так что никакого выигрыша по сравнению с обычным сканированием индекса не будет. И даже в благоприятном случае обращение к куче не исключается совсем, а заменяется обращением к карте видимости; но так как карта видимости на четыре порядка меньше соответствующей ей области кучи, для работы с ней требуется много меньше операций физического ввода/вывода. В большинстве ситуаций карта видимости просто всё время находится в памяти.

Таким образом, тогда как сканирование только по индексу возможно лишь при выполнении двух фундаментальных требований, оно даст выигрыш, только если для значительной части страниц в куче таблицы установлены биты полной видимости. Но таблицы, в которых меняется лишь небольшая часть строк, встречаются достаточно часто, чтобы этот тип сканирования был весьма полезен на практике.

Чтобы эффективно применять возможность сканирования только индекса, можно создать индексы, в которых только первые столбцы будут соответствовать предложениям `WHERE`, а остальные столбцы будут содержать полезные данные, возвращаемые запросом. Например, если вы часто выполняете запросы вида:

```
SELECT y FROM tab WHERE x = 'key';
```

при традиционном подходе к ускорению таких запросов можно было бы создать индекс только по `x`. Однако индекс по `(x, y)` дал бы возможность выполнения этого запроса со сканированием только индекса. Как говорилось ранее, такой индекс был бы объёмнее и дороже в обслуживании, чем индекс только по `x`, так что этот вариант предпочтителен, только для таблиц в основном статических. Заметьте, что в объявлении индекса важно указать столбцы `(x, y)`, а не `(y, x)`, так как для большинства типов индексов (а именно, B-деревьев) поиск, при котором не ограничиваются значения ведущих столбцов индекса, не будет эффективным.

В принципе сканирование только индекса может применяться и с индексами по выражениям. Например, при наличии индекса по `f(x)`, где `x` — столбец таблицы, должно быть возможно выполнить

```
SELECT f(x) FROM tab WHERE f(x) < 1;
```

как сканирование только индекса; и это очень заманчиво, если `f()` — сложная для вычисления функция. Однако планировщик PostgreSQL в настоящее время может вести себя не очень разумно. Он считает, что запрос может выполняться со сканированием только по индексу, только когда из индекса могут быть получены все *столбцы*, требующиеся для запроса. В этом примере `x` фигурирует только в контексте `f(x)`, но планировщик не замечает этого и решает, что сканирование только по индексу невозможно. Если сканирование только по индексу заслуживает того, эту проблему можно обойти, объявив индекс по `(f(x), x)`, где второй столбец может не использоваться на практике, но нужен для того, чтобы убедить планировщик, что сканирование только по индексу возможно. Если это делается ради того, чтобы избежать вычислений `f(x)`, надо также заметить, что планировщик не обязательно свяжет с использованием индекса упоминания `f(x)`, фигурирующие не в индексируемых предложениях `WHERE` со столбцом индекса. Обычно он это делает правильно в простых запросах, вроде показанного выше, но не в запросах с соединениями. Эти недостатки могут быть устранены в будущих версиях PostgreSQL.

С использованием частичных индексов при сканировании только по индексу тоже связаны интересные особенности. Предположим, что у нас есть частичный индекс, показанный в Примере 11.3:

```
CREATE UNIQUE INDEX tests_success_constraint ON tests (subject, target)
WHERE success;
```

В принципе с ним мы можем произвести сканирование только по индексу при выполнении запроса

```
SELECT target FROM tests WHERE subject = 'some-subject' AND success;
```

Но есть одна проблема: предложение `WHERE` обращается к столбцу `success`, который отсутствует в результирующих столбцах индекса. Тем не менее, сканирование только индекса возможно, так как плану не нужно перепроверять эту часть предложения `WHERE` во время выполнения: у всех записей, найденных в индексе, значение `success = true`, так что в плане его не нужно проверять явно. PostgreSQL версий 9.6 и новее распознает такую ситуацию и сможет произвести сканирование только по индексу, но старые версии неспособны на это.

11.12. Контроль использования индексов

Хотя индексы в PostgreSQL не требуют какого-либо обслуживания или настройки, это не избавляет от необходимости проверять, как и какие индексы используются на самом деле в реальных условиях. Узнать, как отдельный запрос использует индексы, можно с помощью команды `EXPLAIN`; её применение для этих целей описывается в Разделе 14.1. Также возможно собрать общую статистику об использовании индексов на работающем сервере, как описано в Разделе 28.2.

Вывести универсальную формулу, определяющую, какие индексы нужно создавать, довольно сложно, если вообще возможно. В предыдущих разделах рассматривались некоторые типовые ситуации, иллюстрирующие подходы к этому вопросу. Часто найти ответ на него помогают эксперименты. Ниже приведены ещё несколько советов:

- Всегда начинайте исследование с `ANALYZE`. Эта команда собирает статистические данные о распределении значений в таблице, которые необходимы для оценивания числа строк, возвращаемых запросов. А это число, в свою очередь, нужно планировщику, чтобы оценить реальные затраты для всевозможных планов выполнения запроса. Не имея реальной статистики, планировщик будет вынужден принять некоторые значения по умолчанию, которые почти наверняка не будут соответствовать действительности. Поэтому понять, как индекс используется приложением без предварительного запуска `ANALYZE`, практически невозможно. Подробнее это рассматривается в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.
- Используйте в экспериментах реальные данные. Анализируя работу системы с тестовыми данными, вы поймёте, какие индексы нужны для тестовых данных, но не более того.

Особенно сильно искажают картину очень маленькие наборы тестовых данных. Тогда как для извлечения 1000 строк из 100000 может быть применён индекс, для выбора 1 из 100 он вряд ли потребуется, так как 100 строк скорее всего уместятся в одну страницу данных на диске и никакой другой план не будет лучше обычного сканирования 1 страницы.

Тем не менее, пока приложение не эксплуатируется, создавать какие-то тестовые данные всё равно нужно, и это нужно делать обдуманно. Если вы наполняете базу данных очень близкими, или наоборот, случайными значениями, либо добавляете строки в отсортированном порядке, вы получите совсем не ту статистику распределения, что дадут реальные данные.

- Когда индексы не используются, ради тестирования может быть полезно подключить их принудительно. Для этого можно воспользоваться параметрами выполнения, позволяющими включать различные типы планов (см. Подраздел 19.7.1). Например, выключив наиболее простые планы: последовательное сканирование (`enable_seqscan`) и соединения с вложенными циклами (`enable_nestloop`), вы сможете заставить систему выбрать другой план. Если же система продолжает выполнять сканирование или соединение с вложенными циклами, вероятно, у неё есть более серьёзная причина не использовать индекс; например, индекс может не соответствовать условию запроса. (Какие индексы работают в запросах разных типов, обсуждалось в предыдущих разделах.)
- Если система начинает использовать индекс только под принуждением, тому может быть две причины: либо система права и применять индекс в самом деле неэффективно, либо оценка стоимости применения индекса не соответствует действительности. В этом случае вам следует замерить время выполнения запроса с индексами и без них. В анализе этой ситуации может быть полезна команда `EXPLAIN ANALYZE`.
- Если выясняется, что оценка стоимости неверна, это может иметь тоже два объяснения. Общая стоимость вычисляется как произведение цены каждого узла плана для одной строки и оценки избирательности узла плана. Цены узлов при необходимости можно изменить параметрами выполнения (описанными в Подразделе 19.7.2). С другой стороны, оценка избирательности может быть неточной из-за некачественной статистики. Улучшить её можно, настроив параметры сбора статистики (см. `ALTER TABLE`).

Если ваши попытки скорректировать стоимость планов не увенчаются успехом, возможно вам останется только явно заставить систему использовать нужный индекс. Вероятно, имеет смысл также связаться с разработчиками PostgreSQL, чтобы прояснить ситуацию.

Глава 12. Полнотекстовый поиск

12.1. Введение

Полнотекстовый поиск (или просто *поиск текста*) — это возможность находить *документы* на естественном языке, соответствующие *запросу*, и, возможно, дополнительно сортировать их по релевантности для этого запроса. Наиболее распространённая задача — найти все документы, содержащие *слова запроса*, и выдать их отсортированными по степени *соответствия* запросу. Понятия запроса и соответствия довольно расплывчаты и зависят от конкретного приложения. В самом простом случае запросом считается набор слов, а соответствие определяется частотой слов в документе.

Операторы текстового поиска существуют в СУБД уже многие годы. В PostgreSQL для текстовых типов данных есть операторы `~`, `~*`, `LIKE` и `ILIKE`, но им не хватает очень важных вещей, которые требуются сегодня от информационных систем:

- Нет поддержки лингвистического функционала, даже для английского языка. Возможности регулярных выражений ограничены — они не рассчитаны на работу со словоформами, например, подходят и подходить. С ними вы можете пропустить документы, которые содержат *подходят*, но, вероятно, и они представляют интерес при поиске по ключевому слову *подходить*. Конечно, можно попытаться перечислить в регулярном выражении все варианты слова, но это будет очень трудоёмко и чревато ошибками (некоторые слова могут иметь десятки словоформ).
- Они не позволяют упорядочивать результаты поиска (по релевантности), а без этого поиск неэффективен, когда находятся сотни подходящих документов.
- Они обычно выполняются медленно из-за отсутствия индексов, так как при каждом поиске приходится просматривать все документы.

Полнотекстовая индексация заключается в *предварительной обработке* документов и сохранении индекса для последующего быстрого поиска. Предварительная обработка включает следующие операции:

Разбор документов на фрагменты. При этом полезно выделить различные классы фрагментов, например, числа, слова, словосочетания, почтовые адреса и т. д., которые будут обрабатываться по-разному. В принципе классы фрагментов могут зависеть от приложения, но для большинства применений вполне подойдёт предопределённый набор классов. Эту операцию в PostgreSQL выполняет *анализатор* (parser). Вы можете использовать как стандартный анализатор, так и создавать свои, узкоспециализированные.

Преобразование фрагментов в лексемы. Лексема — это *нормализованный* фрагмент, в котором разные словоформы приведены к одной. Например, при нормализации буквы верхнего регистра приводятся к нижнему, а из слов обычно убираются окончания (в частности, *s* или *es* в английском). Благодаря этому можно находить разные формы одного слова, не вводя вручную все возможные варианты. Кроме того, на данном шаге обычно исключаются *стоп-слова*, то есть слова, настолько распространённые, что искать их нет смысла. (Другими словами, фрагменты представляют собой просто подстроки текста документа, а лексемы — это слова, имеющие ценность для индексации и поиска.) Для выполнения этого шага в PostgreSQL используются *словари*. Набор существующих стандартных словарей при необходимости можно расширять, создавая свои собственные.

Хранение документов в форме, подготовленной для поиска. Например, каждый документ может быть представлен в виде отсортированного массива нормализованных лексем. Помимо лексем часто желательно хранить информацию об их положении для *ранжирования по близости*, чтобы документ, в котором слова запроса расположены «плотнее», получал более высокий ранг, чем документ с разбросанными словами.

Словари позволяют управлять нормализацией фрагментов с большой гибкостью. Создавая словари, можно:

- Определять стоп-слова, которые не будут индексироваться.

- Сопоставлять синонимы с одним словом, используя Ispell.
- Сопоставлять словосочетания с одним словом, используя тезаурус.
- Сопоставлять различные склонения слова с канонической формой, используя словарь Ispell.
- Сопоставлять различные склонения слова с канонической формой, используя стеммер Snowball.

Для хранения подготовленных документов в PostgreSQL предназначен тип данных `tsvector`, а для представления обработанных запросов — тип `tsquery` (Раздел 8.11). С этими типами данных работают целый ряд функций и операторов (Раздел 9.13), и наиболее важный из них — оператор соответствия `@`, с которым мы познакомимся в Подразделе 12.1.2. Для ускорения полнотекстового поиска могут применяться индексы (Раздел 12.9).

12.1.1. Что такое документ?

Документ — это единица обработки в системе полнотекстового поиска; например, журнальная статья или почтовое сообщение. Система поиска текста должна уметь разбирать документы и сохранять связи лексем (ключевых слов) с содержащим их документом. Впоследствии эти связи могут использоваться для поиска документов с заданными ключевыми словами.

В контексте поиска в PostgreSQL документ — это обычно содержимое текстового поля в строке таблицы или, возможно, сочетание (объединение) таких полей, которые могут храниться в разных таблицах или формироваться динамически. Другими словами, документ для индексации может создаваться из нескольких частей и не храниться где-либо как единое целое. Например:

```
SELECT title || ' ' || author || ' ' || abstract || ' ' || body
       AS document
FROM messages
WHERE mid = 12;
```

```
SELECT m.title || ' ' || m.author || ' ' || m.abstract || ' ' || d.body
       AS document
FROM messages m, docs d
WHERE mid = did AND mid = 12;
```

Примечание

На самом деле в этих примерах запросов следует использовать функцию `coalesce`, чтобы значение `NULL` в каком-либо одном атрибуте не привело к тому, что результирующим документом окажется `NULL`.

Документы также можно хранить в обычных текстовых файлах в файловой системе. В этом случае база данных может быть просто хранилищем полнотекстового индекса и исполнителем запросов, а найденные документы будут загружаться из файловой системы по некоторым уникальным идентификаторам. Однако для загрузки внешних файлов требуются права суперпользователя или поддержка специальных функций, так что это обычно менее удобно, чем хранить все данные внутри БД PostgreSQL. Кроме того, когда всё хранится в базе данных, это упрощает доступ к метаданным документов при индексации и выводе результатов.

Для нужд текстового поиска каждый документ должен быть сведён к специальному формату `tsvector`. Поиск и ранжирование выполняется исключительно с этим представлением документа — исходный текст потребуется извлечь, только когда документ будет отобран для вывода пользователю. Поэтому мы часто подразумеваем под `tsvector` документ, тогда как этот тип, конечно, содержит только компактное представление всего документа.

12.1.2. Простое соответствие текста

Полнотекстовый поиск в PostgreSQL реализован на базе оператора соответствия `@`, который возвращает `true`, если `tsvector` (документ) соответствует `tsquery` (запросу). Для этого оператора не важно, какой тип записан первым:

```
SELECT 'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector @@
      'cat & rat'::tsquery;
      ?column?
-----
t
```

```
SELECT 'fat & cow'::tsquery @@
      'a fat cat sat on a mat and ate a fat rat'::tsvector;
      ?column?
-----
f
```

Как можно догадаться из этого примера, `tsquery` — это не просто текст, как и `tsvector`. Значение типа `tsquery` содержит искомые слова, это должны быть уже нормализованные лексемы, возможно объединённые в выражение операторами И, ИЛИ, НЕ и ПРЕДШЕСТВУЕТ. (Подробнее синтаксис описан в Подразделе 8.11.2.) Вы можете воспользоваться функциями `to_tsquery`, `plainto_tsquery` и `phraseto_tsquery`, которые могут преобразовать заданный пользователем текст в значение `tsquery`, прежде всего нормализуя слова в этом тексте. Функция `to_tsvector` подобным образом может разобрать и нормализовать текстовое содержимое документа. Так что запрос с поиском соответствия на практике выглядит скорее так:

```
SELECT to_tsvector('fat cats ate fat rats') @@ to_tsquery('fat & rat');
      ?column?
-----
t
```

Заметьте, что соответствие не будет обнаружено, если запрос записан как

```
SELECT 'fat cats ate fat rats'::tsvector @@ to_tsquery('fat & rat');
      ?column?
-----
f
```

так как слово `rats` не будет нормализовано. Элементами `tsvector` являются лексемы, предположительно уже нормализованные, так что `rats` считается не соответствующим `rat`.

Оператор `@@` также может принимать типы `text`, позволяя опустить явные преобразования текстовых строк в типы `tsvector` и `tsquery` в простых случаях. Всего есть четыре варианта этого оператора:

```
tsvector @@ tsquery
tsquery  @@ tsvector
text     @@ tsquery
text     @@ text
```

Первые два мы уже видели раньше. Форма `text@@tsquery` равнозначна выражению `to_tsvector(x) @@ y`, а форма `text@@text` — выражению `to_tsvector(x) @@ plainto_tsquery(y)`.

В значении `tsquery` оператор `&` (И) указывает, что оба его операнда должны присутствовать в документе, чтобы он удовлетворял запросу. Подобным образом, оператор `|` (ИЛИ) указывает, что в документе должен присутствовать минимум один из его операндов, тогда как оператор `!` (НЕ) указывает, что его операнд *не* должен присутствовать, чтобы условие удовлетворялось. Например, запросу `fat & ! rat` соответствуют документы, содержащие `fat` и не содержащие `rat`.

Фразовый поиск возможен с использованием оператора `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery`, который находит соответствие, только если его операнды расположены рядом и в заданном порядке. Например:

```
SELECT to_tsvector('fatal error') @@ to_tsquery('fatal <-> error');
      ?column?
-----
t
```

```
SELECT to_tsvector('error is not fatal') @@ to_tsquery('fatal <-> error');
?column?
-----
f
```

Более общая версия оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ имеет вид $\langle N \rangle$, где N — целое число, выражающее разность между позициями найденных лексем. Запись $\langle 1 \rangle$ равнозначна $\langle - \rangle$, тогда как $\langle 2 \rangle$ допускает существование ровно одной лексемы между этими лексемами и т. д. Функция `phraseto_tsquery` задействует этот оператор для конструирования `tsquery`, который может содержать многословную фразу, включающую в себя стоп-слова. Например:

```
SELECT phraseto_tsquery('cats ate rats');
phraseto_tsquery
-----
'cat' <-> 'ate' <-> 'rat'

SELECT phraseto_tsquery('the cats ate the rats');
phraseto_tsquery
-----
'cat' <-> 'ate' <2> 'rat'
```

Особый случай, который иногда бывает полезен, представляет собой запись $\langle 0 \rangle$, требующая, чтобы обоим лексемам соответствовало одно слово.

Сочетанием операторов `tsquery` можно управлять, применяя скобки. Без скобок операторы имеют следующие приоритеты, в порядке возрастания: `|`, `&`, $\langle - \rangle$ и самый приоритетный — `!`.

Стоит отметить, что операторы И/ИЛИ/НЕ имеют несколько другое значение, когда они применяются в аргументах оператора ПРЕДШЕСТВУЕТ, так как в этом случае имеет значение точная позиция совпадения. Например, обычному `!x` соответствуют только документы, не содержащие `x` нигде. Но условию `!x <-> y` соответствует `y`, если оно не следует непосредственно за `x`; при вхождении `x` в любом другом месте документа он не будет исключаться из рассмотрения. Другой пример: для условия `x & y` обычно требуется, чтобы и `x`, и `y` встречались в каком-то месте документа, но для выполнения условия `(x & y) <-> z` требуется, чтобы `x` и `y` располагались в одном месте, непосредственно перед `z`. Таким образом, этот запрос отличается от `x <-> z & y <-> z`, которому удовлетворяют документы, содержащие две отдельные последовательности `x z` и `y z`. (Этот конкретный запрос в таком виде, как он записан, не имеет смысла, так как `x` и `y` не могут находиться в одном месте; но в более сложных ситуациях, например, с шаблонами поиска по маске, запросы этого вида могут быть полезны.)

12.1.3. Конфигурации

До этого мы рассматривали очень простые примеры поиска текста. Как было упомянуто выше, весь функционал текстового поиска позволяет делать гораздо больше: пропускать определённые слова (стоп-слова), обрабатывать синонимы и выполнять сложный анализ слов, например, выделять фрагменты не только по пробелам. Все эти функции управляются *конфигурациями текстового поиска*. В PostgreSQL есть набор предопределённых конфигураций для многих языков, но вы также можете создавать собственные конфигурации. (Все доступные конфигурации можно просмотреть с помощью команды `\df в psql`.)

Подходящая конфигурация для данной среды выбирается во время установки и записывается в параметре `default_text_search_config` в `postgresql.conf`. Если вы используете для всего кластера одну конфигурацию текстового поиска, вам будет достаточно этого параметра в `postgresql.conf`. Если же требуется использовать в кластере разные конфигурации, но для каждой базы данных одну определённую, её можно задать командой `ALTER DATABASE ... SET`. В противном случае конфигурацию можно выбрать в рамках сеанса, определив параметр `default_text_search_config`.

У каждой функции текстового поиска, зависящей от конфигурации, есть необязательный аргумент `regconfig`, в котором можно явно указать конфигурацию для данной функции. Значение `default_text_search_config` используется, только когда этот аргумент опущен.

Для упрощения создания конфигураций текстового поиска они строятся из более простых объектов. В PostgreSQL есть четыре типа таких объектов:

- *Анализаторы текстового поиска* разделяют документ на фрагменты и классифицируют их (например, как слова или числа).
- *Словари текстового поиска* приводят фрагменты к нормализованной форме и отбрасывают стоп-слова.
- *Шаблоны текстового поиска* предоставляют функции, образующие реализацию словарей. (При создании словаря просто задаётся шаблон и набор параметров для него.)
- *Конфигурации текстового поиска* выбирают анализатор и набор словарей, который будет использоваться для нормализации фрагментов, выданных анализатором.

Анализаторы и шаблоны текстового поиска строятся из низкоуровневых функций на языке C; чтобы создать их, нужно программировать на C, а подключить их к базе данных может только суперпользователь. (В подкаталоге `contrib/` инсталляции PostgreSQL можно найти примеры дополнительных анализаторов и шаблонов.) Так как словари и конфигурации представляют собой просто наборы параметров, связывающие анализаторы и шаблоны, их можно создавать, не имея административных прав. Далее в этой главе будут приведены примеры их создания.

12.2. Таблицы и индексы

В предыдущем разделе приводились примеры, которые показывали, как можно выполнить сопоставление с простыми текстовыми константами. В этом разделе показывается, как находить текст в таблице, возможно с применением индексов.

12.2.1. Поиск в таблице

Полнотекстовый поиск можно выполнить, не применяя индекс. Следующий простой запрос выводит заголовок (`title`) каждой строки, содержащей слово `friend` в поле `body`:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector('english', body) @@ to_tsquery('english', 'friend');
```

При этом также будут найдены связанные слова, такие как `friends` и `friendly`, так как все они сводятся к одной нормализованной лексеме.

В показанном выше примере для разбора и нормализации строки явно выбирается конфигурация `english`. Хотя параметры, задающие конфигурацию, можно опустить:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector(body) @@ to_tsquery('friend');
```

Такой запрос будет использовать конфигурацию, заданную в параметре `default_text_search_config`.

В следующем более сложном примере выбираются десять документов, изменённых последними, со словами `create` и `table` в полях `title` или `body`:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE to_tsvector(title || ' ' || body) @@ to_tsquery('create & table')
ORDER BY last_mod_date DESC
LIMIT 10;
```

Чтобы найти строки, содержащие `NULL` в одном из полей, нужно воспользоваться функцией `coalesce`, но здесь мы опустили её вызовы для краткости.

Хотя такие запросы будут работать и без индекса, для большинства приложений скорость будет неприемлемой; этот подход рекомендуется только для нерегулярного поиска и динамического содержимого. Для практического применения полнотекстового поиска обычно создаются индексы.

12.2.2. Создание индексов

Для ускорения текстового поиска мы можем создать индекс GIN (см. Раздел 12.9):

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector('english', body));
```

Заметьте, что здесь используется функция `to_tsvector` с двумя аргументами. В выражениях, определяющих индексы, можно использовать только функции, в которых явно задаётся имя конфигурации текстового поиска (см. Раздел 11.7). Это объясняется тем, что содержимое индекса не должно зависеть от значения параметра `default_text_search_config`. В противном случае содержимое индекса может быть неактуальным, если разные его элементы `tsvector` будут создаваться с разными конфигурациями текстового поиска и нельзя будет понять, какую именно использовать. Выгрузить и восстановить такой индекс будет невозможно.

Так как при создании индекса использовалась версия `to_tsvector` с двумя аргументами, этот индекс будет использоваться только в запросах, где `to_tsvector` вызывается с двумя аргументами и во втором передаётся имя той же конфигурации. То есть, `WHERE to_tsvector('english', body) @@ 'a & b'` сможет использовать этот индекс, а `WHERE to_tsvector(body) @@ 'a & b'` — нет. Это гарантирует, что индекс будет использоваться только с той конфигурацией, с которой создавались его элементы.

Индекс можно создать более сложным образом, определив для него имя конфигурации в другом столбце таблицы, например:

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector(config_name, body));
```

где `config_name` — имя столбца в таблице `pgweb`. Так можно сохранить имя конфигурации, связанной с элементом индекса, и, таким образом, иметь в одном индексе элементы с разными конфигурациями. Это может быть полезно, например, когда в коллекции документов хранятся документы на разных языках. И в этом случае в запросах должен использоваться тот же индекс (с таким же образом задаваемой конфигурацией), например, так: `WHERE to_tsvector(config_name, body) @@ 'a & b'`.

Индексы могут создаваться даже по объединению столбцов:

```
CREATE INDEX pgweb_idx ON pgweb USING GIN (to_tsvector('english', title || ' ' || body));
```

Ещё один вариант — создать отдельный столбец `tsvector`, в котором сохранить результат `to_tsvector`. Следующий пример показывает, как можно подготовить для индексации объединённое содержимое столбцов `title` и `body`, применив функцию `coalesce` для получения желаемого результата, даже когда один из столбцов `NULL`:

```
ALTER TABLE pgweb ADD COLUMN textsearchable_index_col tsvector;
UPDATE pgweb SET textsearchable_index_col =
    to_tsvector('english', coalesce(title, '') || ' ' || coalesce(body, ''));
```

Затем мы создаём индекс GIN для ускорения поиска:

```
CREATE INDEX textsearch_idx ON pgweb USING GIN (textsearchable_index_col);
```

Теперь мы можем быстро выполнять полнотекстовый поиск:

```
SELECT title
FROM pgweb
WHERE textsearchable_index_col @@ to_tsquery('create & table')
ORDER BY last_mod_date DESC
LIMIT 10;
```

Когда представление `tsvector` хранится в отдельном столбце, необходимо создать триггер, который будет поддерживать столбец с `tsvector` в актуальном состоянии при любых изменениях `title` или `body`. Как это сделать, рассказывается в Подразделе 12.4.3.

Хранение вычисленного выражения индекса в отдельном столбце даёт ряд преимуществ. Во-первых, для использования индекса в запросах не нужно явно указывать имя конфигурации тексто-

вого поиска. Как показано в вышеприведённом примере, в этом случае запрос может зависеть от `default_text_search_config`. Во-вторых, поиск выполняется быстрее, так как для проверки соответствия данных индексу не нужно повторно выполнять `to_tsvector`. (Это актуально больше для индексов GiST, чем для GIN; см. Раздел 12.9.) С другой стороны, схему с индексом по выражению проще реализовать и она позволяет сэкономить место на диске, так как представление `tsvector` не хранится явно.

12.3. Управление текстовым поиском

Для реализации полнотекстового поиска необходимы функции, позволяющие создать `tsvector` из документа и `tsquery` из запроса пользователя. Кроме того, результаты нужно выдавать в удобном порядке, так что нам потребуется функция, оценивающая релевантность документа для данного запроса. Важно также иметь возможность выводить найденный текст подходящим образом. В PostgreSQL есть все необходимые для этого функции.

12.3.1. Разбор документов

Для преобразования документа в тип `tsvector` PostgreSQL предоставляет функцию `to_tsvector`.

```
to_tsvector([конфигурация regconfig,] документ text) returns tsvector
```

`to_tsvector` разбирает текстовый документ на фрагменты, сводит фрагменты к лексемам и возвращает значение `tsvector`, в котором перечисляются лексемы и их позиции в документе. При обработке документа используется указанная конфигурация текстового поиска или конфигурация по умолчанию. Простой пример:

```
SELECT to_tsvector('english', 'a fat cat sat on a mat - it ate a fat rats');
           to_tsvector
-----
'ate':9 'cat':3 'fat':2,11 'mat':7 'rat':12 'sat':4
```

В этом примере мы видим, что результирующий `tsvector` не содержит слова `a`, `on` и `it`, слово `rats` превратилось в `rat`, а знак препинания «-» был проигнорирован.

Функция `to_tsvector` внутри вызывает анализатор, который разбивает текст документа на фрагменты и классифицирует их. Для каждого фрагмента она проверяет список словарей (Раздел 12.6), определяемый типом фрагмента. Первый же словарь, *распознавший* фрагмент, выдаёт одну или несколько представляющих его *лексем*. Например, `rats` превращается в `rat`, так как один из словарей понимает, что слово `rats` — это слово `rat` во множественном числе. Некоторые слова распознаются как *stop-слова* (Подраздел 12.6.1) и игнорируются как слова, фигурирующие в тексте настолько часто, что искать их бессмысленно. В нашем примере это `a`, `on` и `it`. Если фрагмент не воспринимается ни одним словарём из списка, он так же игнорируется. В данном примере это происходит со знаком препинания `-`, так как с таким типом фрагмента (символы-разделители) не связан никакой словарь и значит такие фрагменты никогда не будут индексироваться. Выбор анализатора, словарей и индексируемых типов фрагментов определяется конфигурацией текстового поиска (Раздел 12.7). В одной базе данных можно использовать разные конфигурации, в том числе, предопределённые конфигурации для разных языков. В нашем примере мы использовали конфигурацию по умолчанию для английского языка — `english`.

Для назначения элементам `tsvector` разных *весов* используется функция `setweight`. Вес элемента задаётся буквой `A`, `B`, `C` или `D`. Обычно это применяется для обозначения важности слов в разных частях документа, например в заголовке или в теле документа. Затем эта информация может использоваться при ранжировании результатов поиска.

Так как `to_tsvector(NULL)` вернёт `NULL`, мы советуем использовать `coalesce` везде, где соответствующее поле может быть `NULL`. Создавать `tsvector` из структурированного документа рекомендуется так:

```
UPDATE tt SET ti =
    setweight(to_tsvector(coalesce(title, '')), 'A') ||
```



```
setweight(to_tsvector(coalesce(keyword,'')), 'B') ||
setweight(to_tsvector(coalesce(abstract,'')), 'C') ||
setweight(to_tsvector(coalesce(body,'')), 'D');
```

Здесь мы использовали `setweight` для пометки происхождения каждой лексемы в сформированных значениях `tsvector` и объединили помеченные значения с помощью оператора конкатенации типов `tsvector` `||`. (Подробнее эти операции рассматриваются в Подразделе 12.4.1.)

12.3.2. Разбор запросов

PostgreSQL предоставляет функции `to_tsquery`, `plainto_tsquery`, `phraseto_tsquery` и `websearch_to_tsquery` для приведения запроса к типу `tsquery`. Функция `to_tsquery` даёт больше возможностей, чем `plainto_tsquery` или `phraseto_tsquery`, но более строга к входным данным. Функция `websearch_to_tsquery` представляет собой упрощённую версию `to_tsquery` с альтернативным синтаксисом, подобным тому, что принят в поисковых системах в Интернете.

`to_tsquery([конфигурация regconfig,] текст_запроса text) returns tsquery`

`to_tsquery` создаёт значение `tsquery` из *текста_запроса*, который может состоять из простых фрагментов, разделённых логическими операторами `tsquery`: `&` (И), `|` (ИЛИ), `!` (НЕ) и `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ), возможно, сгруппированных скобками. Другими словами, входное значение для `to_tsquery` должно уже соответствовать общим правилам для значений `tsquery`, описанным в Подразделе 8.11.2. Различие их состоит в том, что во вводимом в `tsquery` значении фрагменты воспринимаются буквально, тогда как `to_tsquery` нормализует фрагменты, приводя их к лексемам, используя явно указанную или подразумеваемую конфигурацию, и отбрасывая стоп-слова. Например:

```
SELECT to_tsquery('english', 'The & Fat & Rats');
to_tsquery
-----
'fat' & 'rat'
```

Как и при вводе значения `tsquery`, для каждой лексемы можно задать вес(a), чтобы при поиске можно было выбрать из `tsvector` только лексемы с заданными весами. Например:

```
SELECT to_tsquery('english', 'Fat | Rats:AB');
to_tsquery
-----
'fat' | 'rat':AB
```

К лексеме также можно добавить `*`, определив таким образом условие поиска по префиксу:

```
SELECT to_tsquery('supern:*A & star:A*B');
to_tsquery
-----
'supern':*A & 'star':*AB
```

Такая лексема будет соответствовать любому слову в `tsvector`, начинающемуся с данной подстроки.

`to_tsquery` может также принимать фразы в апострофах. Это полезно в основном когда конфигурация включает тезаурус, который может обрабатывать такие фразы. В показанном ниже примере предполагается, что тезаурус содержит правило `supernovae stars : sn`:

```
SELECT to_tsquery('supernovae stars' & !crab');
to_tsquery
-----
'sn' & !'crab'
```

Если убрать эти апострофы, `to_tsquery` не примет фрагменты, не разделённые операторами И, ИЛИ и ПРЕДШЕСТВУЕТ, и выдаст синтаксическую ошибку.

`plainto_tsquery([конфигурация regconfig,] текст_запроса text) returns tsquery`

`plainto_tsquery` преобразует неформатированный *текст_запроса* в значение `tsquery`. Текст разбирается и нормализуется подобно тому, как это делает `to_tsvector`, а затем между оставшимися словами вставляются операторы & (И) типа `tsquery`.

Пример:

```
SELECT plainto_tsquery('english', 'The Fat Rats');
plainto_tsquery
-----
'fat' & 'rat'
```

Заметьте, что `plainto_tsquery` не распознает во входной строке операторы `tsquery`, метки весов или обозначения префиксов:

```
SELECT plainto_tsquery('english', 'The Fat & Rats:C');
plainto_tsquery
-----
'fat' & 'rat' & 'c'
```

В данном случае все знаки пунктуации были отброшены как символы-разделители.

`phraseto_tsquery([конфигурация regconfig,] текст_запроса text)` returns `tsquery`

`phraseto_tsquery` ведёт себя подобно `plainto_tsquery`, за исключением того, что она вставляет между оставшимися словами оператор `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) вместо оператора & (И). Кроме того, стоп-слова не просто отбрасываются, а подсчитываются, и вместо операторов `<->` используются операторы `<N>` с подсчитанным числом. Эта функция полезна при поиске точных последовательностей лексем, так как операторы ПРЕДШЕСТВУЕТ проверяют не только наличие всех лексем, но и их порядок.

Пример:

```
SELECT phraseto_tsquery('english', 'The Fat Rats');
phraseto_tsquery
-----
'fat' <-> 'rat'
```

Как и `plainto_tsquery`, функция `phraseto_tsquery` не распознает во входной строке операторы типа `tsquery`, метки весов или обозначения префиксов:

```
SELECT phraseto_tsquery('english', 'The Fat & Rats:C');
phraseto_tsquery
-----
'fat' <-> 'rat' <-> 'c'
```

`websearch_to_tsquery([конфигурация regconfig,] текст_запроса text)` returns `tsquery`

Функция `websearch_to_tsquery` создаёт значение `tsquery` из *текста_запроса*, используя альтернативный синтаксис, в котором запрос задаётся просто неформатированным текстом. В отличие от `plainto_tsquery` и `phraseto_tsquery`, она также принимает определённые операторы. Более того, эта функция не должна никогда выдавать синтаксические ошибки, что позволяет осуществлять поиск по произвольному заданному пользователем запросу. Она поддерживает следующий синтаксис:

- текст не в кавычках: текст, не заключённый в кавычки, который будет преобразован в слова, разделяемые операторами &, как его восприняла бы функция `plainto_tsquery`.
- "текст в кавычках": текст, заключённый в кавычки, будет преобразован в слова, разделяемые операторами `<->`, как его восприняла бы функция `phraseto_tsquery`.
- OR: логическая операция ИЛИ будет преобразована в оператор `|`.
- -: логическая операция НЕ, преобразуется в оператор `!`.

Примеры:

```
SELECT websearch_to_tsquery('english', 'The fat rats');
```

```

websearch_to_tsquery
-----
'fat' & 'rat'
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', '"supernovae stars" -crab');
       websearch_to_tsquery
-----
'supernova' <-> 'star' & !'crab'
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', '"sad cat" or "fat rat"');
       websearch_to_tsquery
-----
'sad' <-> 'cat' | 'fat' <-> 'rat'
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', 'signal -"segmentation fault"');
       websearch_to_tsquery
-----
'signal' & !( 'segment' <-> 'fault' )
(1 row)

SELECT websearch_to_tsquery('english', '""')( dummy \\ query <->');
       websearch_to_tsquery
-----
'dummi' & 'queri'
(1 row)

```

12.3.3. Ранжирование результатов поиска

Ранжирование документов можно представить как попытку оценить, насколько они релевантны заданному запросу и отсортировать их так, чтобы наиболее релевантные выводились первыми. В PostgreSQL встроены две функции ранжирования, принимающие во внимание лексическую, позиционную и структурную информацию; то есть, они учитывают, насколько часто и насколько близко встречаются в документе ключевые слова и какова важность содержащей их части документа. Однако само понятие релевантности довольно размытое и во многом определяется приложением. Приложения могут использовать для ранжирования и другую информацию, например, время изменения документа. Встроенные функции ранжирования можно рассматривать лишь как примеры реализации. Для своих конкретных задач вы можете разработать собственные функции ранжирования и/или учесть при обработке их результатов дополнительные факторы.

Ниже описаны две встроенные функции ранжирования:

`ts_rank([веса float4[],] вектор tsvector, запрос tsquery [, нормализация integer])` returns float4

Ранжирует векторы по частоте найденных лексем.

`ts_rank_cd([веса float4[],] вектор tsvector, запрос tsquery [, нормализация integer])` returns float4

Эта функция вычисляет *плотность покрытия* для данного вектора документа и запроса, используя метод, разработанный Кларком, Кормаком и Тадхоуп и описанный в статье "Relevance Ranking for One to Three Term Queries" в журнале "Information Processing and Management" в 1999 г. Плотность покрытия вычисляется подобно рангу `ts_rank`, но в расчёт берётся ещё и близость соответствующих лексем друг к другу.

Для вычисления результата этой функции требуется информация о позиции лексем. Поэтому она игнорирует «очищенные» от этой информации лексемы в `tsvector`. Если во входных дан-

ных нет неочищенных лексем, результат будет равен нулю. (За дополнительными сведениями о функции `strip` и позиционной информации в данных `tsvector` обратитесь к Подразделу 12.4.1.)

Для обеих этих функций аргумент *веса* позволяет придать больший или меньший вес словам, в зависимости от их меток. В передаваемом массиве весов определяется, насколько весома каждая категория слов, в следующем порядке:

```
{вес D, вес C, вес B, вес A}
```

Если этот аргумент опускается, подразумеваются следующие значения:

```
{0.1, 0.2, 0.4, 1.0}
```

Обычно весами выделяются слова из особых областей документа, например из заголовка или краткого введения, с тем, чтобы эти слова считались более и менее значимыми, чем слова в основном тексте документа.

Так как вероятность найти ключевые слова увеличивается с размером документа, при ранжировании имеет смысл учитывать его, чтобы, например, документ с сотней слов, содержащий пять вхождений искомым слов, считался более релевантным, чем документ с тысячей слов и теми же пятью вхождениями. Обе функции ранжирования принимают целочисленный параметр *нормализации*, определяющий, как ранг документа будет зависеть от его размера. Этот параметр представляет собой битовую маску и управляет несколькими режимами: вы можете включить сразу несколько режимов, объединив значения оператором `|` (например так: `2|4`).

- 0 (по умолчанию): длина документа не учитывается
- 1: ранг документа делится на $1 + \log$ длины документа
- 2: ранг документа делится на его длину
- 4: ранг документа делится на среднее гармоническое расстояние между блоками (это реализовано только в `ts_rank_cd`)
- 8: ранг документа делится на число уникальных слов в документе
- 16: ранг документа делится на $1 + \log$ числа уникальных слов в документе
- 32: ранг делится своё же значение + 1

Если включены несколько флагов, соответствующие операции выполняются в показанном порядке.

Важно заметить, что функции ранжирования не используют никакую внешнюю информацию, так что добиться нормализации до 1% или 100% невозможно, хотя иногда это желательно. Применяв параметр 32 ($\text{rank}/(\text{rank}+1)$), можно свести все ранги к диапазону 0..1, но это изменение будет лишь косметическим, на порядке сортировки результатов это не отразится.

В данном примере выбираются десять найденных документов с максимальным рангом:

```
SELECT title, ts_rank_cd(textsearch, query) AS rank
FROM apod, to_tsquery('neutrino|(dark & matter)') query
WHERE query @@ textsearch
ORDER BY rank DESC
LIMIT 10;
```

title	rank
Neutrinos in the Sun	3.1
The Sudbury Neutrino Detector	2.4
A MACHO View of Galactic Dark Matter	2.01317
Hot Gas and Dark Matter	1.91171
The Virgo Cluster: Hot Plasma and Dark Matter	1.90953
Rafting for Solar Neutrinos	1.9
NGC 4650A: Strange Galaxy and Dark Matter	1.85774
Hot Gas and Dark Matter	1.6123
Ice Fishing for Cosmic Neutrinos	1.6
Weak Lensing Distorts the Universe	0.818218

Тот же пример с нормализованным рангом:

```
SELECT title, ts_rank_cd(textsearch, query, 32 /* rank/(rank+1) */ ) AS rank
FROM apod, to_tsquery('neutrino|(dark & matter)') query
WHERE query @@ textsearch
ORDER BY rank DESC
LIMIT 10;
```

title	rank
Neutrinos in the Sun	0.756097569485493
The Sudbury Neutrino Detector	0.705882361190954
A MACHO View of Galactic Dark Matter	0.668123210574724
Hot Gas and Dark Matter	0.65655958650282
The Virgo Cluster: Hot Plasma and Dark Matter	0.656301290640973
Rafting for Solar Neutrinos	0.655172410958162
NGC 4650A: Strange Galaxy and Dark Matter	0.650072921219637
Hot Gas and Dark Matter	0.617195790024749
Ice Fishing for Cosmic Neutrinos	0.615384618911517
Weak Lensing Distorts the Universe	0.450010798361481

Ранжирование может быть довольно дорогостоящей операцией, так как для вычисления ранга необходимо прочитать `tsvector` каждого подходящего документа и это займёт значительное время, если придётся обращаться к диску. К сожалению, избежать этого вряд ли возможно, так как на практике по многим запросам выдаётся большое количество результатов.

12.3.4. Выделение результатов

Представляя результаты поиска, в идеале нужно выделять часть документа и показывать, как он связан с запросом. Обычно поисковые системы показывают фрагменты документа с отмеченными искомыми словами. В PostgreSQL для реализации этой возможности представлена функция `ts_headline`.

```
ts_headline([конфигурация regconfig,] документ text, запрос tsquery [, параметры text])
returns text
```

`ts_headline` принимает документ вместе с запросом и возвращает выдержку из документа, в которой выделяются слова из запроса. Применяемую для разбора документа конфигурацию можно указать в параметре `config`; если этот параметр опущен, применяется конфигурация `default_text_search_config`.

Если в параметрах передаётся строка `options`, она должна состоять из списка разделённых запятыми пар `параметр=значение`. Параметры могут быть следующими:

- `StartSel`, `StopSel`: строки, которые будут разграничивать слова запроса в документе, выделяя их среди остальных. Если эти строки содержат пробелы или запятые, их нужно заключить в кавычки.
- `MaxWords`, `MinWords`: эти числа определяет нижний и верхний предел размера выдержки.
- `ShortWord`: слова такой длины или короче в начале и конце выдержки будут отбрасываться. Значение по умолчанию, равное 3, исключает распространённые английские артикли.
- `HighlightAll`: логический флаг; если он равен `true`, выдержкой будет весь документ и три предыдущие параметра игнорируются.
- `MaxFragments`: максимальное число выводимых текстовых выдержек или фрагментов. Значение по умолчанию, равное 0, выбирает метод создания выдержки без фрагментов. При значении большем 0 выбирается метод с фрагментами, когда находятся все фрагменты, содержащие как можно больше слов запроса, а затем они сжимаются до слов запроса. Такие фрагменты могут содержать какие-то ключевые слова в середине и ограничиваются двумя искомыми словами. При этом фрагменты могут содержать не больше `MaxWords` слов, а в начале и конце они будут очищены от слов длины `ShortWord` и меньше. Если в документе найдены не все слова запроса, выводится один фрагмент, включающий первые `MinWords` слов в документе.
- `FragmentDelimiter`: Когда выводятся несколько фрагментов, они будут разделяться этой строкой.

Имена этих параметров распознаются без учёта регистра. Явно не определённые параметры получают такие значения по умолчанию:

```
StartSel=<b>, StopSel=</b>,
MaxWords=35, MinWords=15, ShortWord=3, HighlightAll=FALSE,
MaxFragments=0, FragmentDelimiter=" ... "
```

Пример использования:

```
SELECT ts_headline('english',
  'The most common type of search
  is to find all documents containing given query terms
  and return them in order of their similarity to the
  query.',
  to_tsquery('query & similarity'));
          ts_headline
-----
containing given <b>query</b> terms
and return them in order of their <b>similarity</b> to the
<b>query</b>.

SELECT ts_headline('english',
  'The most common type of search
  is to find all documents containing given query terms
  and return them in order of their similarity to the
  query.',
  to_tsquery('query & similarity'),
  'StartSel = <, StopSel = >');
          ts_headline
-----
containing given <query> terms
and return them in order of their <similarity> to the
<query>.
```

Функция `ts_headline` работает с оригинальным документом, а не его сжатым представлением `tsvector`, так что она может быть медленной и использовать её следует осмотрительно.

12.4. Дополнительные возможности

В этом разделе описываются дополнительные функции и операторы, которые могут быть полезны при поиске текста.

12.4.1. Обработка документов

В Подразделе 12.3.1 показывалось, как обычные текстовые документы можно преобразовать в значения `tsvector`. PostgreSQL предлагает также набор функций и операторов для обработки документов, уже представленных в формате `tsvector`.

```
tsvector || tsvector
```

Оператор конкатенации значений `tsvector` возвращает вектор, объединяющий лексемы и позиционную информацию двух векторов, переданных ему в аргументах. В полученном результате сохраняются позиции и метки весов. При этом позиции в векторе справа сдвигаются на максимальное значение позиции в векторе слева, что почти равносильно применению `to_tsvector` к результату конкатенации двух исходных строк документов. (Почти, потому что стоп-слова, исключаемые в конце левого аргумента, при конкатенации исходных строк влияют на позиции лексем в правой части, а при конкатенации `tsvector` — нет.)

Преимущество же конкатенации документов в векторной форме по сравнению с конкатенацией текста до вызова `to_tsvector` заключается в том, что так можно разбирать разные части документа, применяя разные конфигурации. И так как функция `setweight` помечает все лексе-

мы данного вектора одинаково, разбирать текст и выполнять `setweight` нужно до объединения разных частей документа с подразумеваемым разным весом.

`setweight(вектор tsvector, вес "char") returns tsvector`

`setweight` возвращает копию входного вектора, пометчая в ней каждую позицию заданным *весом*, меткой A, B, C или D. (Метка D по умолчанию назначается всем векторам, так что при выводе она опускается.) Эти метки сохраняются при конкатенации векторов, что позволяет придавать разные веса словам из разных частей документа и, как следствие, ранжировать их по-разному.

Заметьте, что веса назначаются *позициям*, а не *лексемам*. Если входной вектор очищен от позиционной информации, `setweight` не делает ничего.

`length(вектор tsvector) returns integer`

Возвращает число лексем, сохранённых в векторе.

`strip(вектор tsvector) returns tsvector`

Возвращает вектор с теми же лексемами, что и в данном, но без информации о позиции и весе. Очищенный вектор обычно оказывается намного меньше исходного, но при этом и менее полезным. С очищенными векторами хуже работает ранжирование, а также оператор `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery` никогда не найдёт соответствие в них, так как не сможет определить расстояние между вхождениями лексем.

Полный список связанных с `tsvector` функций приведён в Таблице 9.41.

12.4.2. Обработка запросов

В Подразделе 12.3.2 показывалось, как обычные текстовые запросы можно преобразовывать в значения `tsquery`. PostgreSQL предлагает также набор функций и операторов для обработки запросов, уже представленных в формате `tsquery`.

`tsquery && tsquery`

Возвращает логическое произведение (AND) двух данных запросов.

`tsquery || tsquery`

Возвращает логическое объединение (OR) двух данных запросов.

`!! tsquery`

Возвращает логическое отрицание (NOT) данного запроса.

`tsquery <-> tsquery`

Возвращает запрос, который ищет соответствие первому данному запросу, за которым следует соответствие второму данному запросу, с применением оператора `<->` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery`. Например:

```
SELECT to_tsquery('fat') <-> to_tsquery('cat | rat');
           ?column?
```

```
-----
'fat' <-> 'cat' | 'fat' <-> 'rat'
```

`tsquery_phrase(запрос1 tsquery, запрос2 tsquery [, расстояние integer]) returns tsquery`

Возвращает запрос, который ищет соответствие первому данному запросу, за которым следует соответствие второму данному запросу (число лексем между ними задаётся параметром *расстояние*), с применением оператора `<N>` типа `tsquery`. Например:

```
SELECT tsquery_phrase(to_tsquery('fat'), to_tsquery('cat'), 10);
           tsquery_phrase
```

```
-----
'fat' <10> 'cat'
```

`numnode(запрос tsquery)` returns integer

Возвращает число узлов (лексем и операторов) в значении `tsquery`. Эта функция помогает определить, имеет ли смысл *запрос* (тогда её результат > 0) или он содержит только стоп-слова (тогда она возвращает 0). Примеры:

```
SELECT numnode(plainto_tsquery('the any'));
ЗАМЕЧАНИЕ:  запрос поиска текста игнорируется, так как содержит
только стоп-слова или не содержит лексем
numnode
-----
0

SELECT numnode('foo & bar'::tsquery);
numnode
-----
3
```

`querytree(запрос tsquery)` returns text

Возвращает часть `tsquery`, которую можно использовать для поиска по индексу. Эта функция помогает выявить неиндексируемые запросы, например, такие, которые содержат только стоп-слова или условия отрицания. Например:

```
SELECT querytree(to_tsquery('!defined'));
querytree
-----
```

12.4.2.1. Перезапись запросов

Семейство запросов `ts_rewrite` ищет в данном `tsquery` вхождения целевого подзапроса и заменяет каждое вхождение указанной подстановкой. По сути эта операция похожа на замену подстроки в строке, только рассчитана на работу с `tsquery`. Сочетание целевого подзапроса с подстановкой можно считать *правилом перезаписи запроса*. Набор таких правил перезаписи может быть очень полезен при поиске. Например, вы можете улучшить результаты, добавив синонимы (например, `big apple`, `nyc` и `gotham` для `new york`) или сузить область поиска, чтобы нацелить пользователя на некоторую область. Это в некотором смысле пересекается с функциональностью тезаурусов (Подраздел 12.6.4). Однако, при таком подходе вы можете изменять правила перезаписи «на лету», тогда как при обновлении тезауруса необходима переиндексация.

`ts_rewrite (запрос tsquery, цель tsquery, замена tsquery)` returns tsquery

Эта форма `ts_rewrite` просто применяет одно правило перезаписи: *цель* заменяется *подстановкой* везде, где она находится в *запросе*. Например:

```
SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'a'::tsquery, 'c'::tsquery);
ts_rewrite
-----
'b' & 'c'
```

`ts_rewrite (запрос tsquery, выборка text)` returns tsquery

Эта форма `ts_rewrite` принимает начальный *запрос* и SQL-команду *select*, которая задаётся текстовой строкой. Команда *select* должна выдавать два столбца типа `tsquery`. Для каждой строки результата *select* вхождения первого столбца (цели) заменяются значениями второго столбца (подстановкой) в тексте *запроса*. Например:

```
CREATE TABLE aliases (t tsquery PRIMARY KEY, s tsquery);
INSERT INTO aliases VALUES('a', 'c');

SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery, 'SELECT t,s FROM aliases');
ts_rewrite
```



```
-----
'b' & 'c'
```

Заметьте, что когда таким способом применяются несколько правил перезаписи, порядок их применения может иметь значение, поэтому в исходном запросе следует добавить `ORDER BY` по какому-либо ключу.

Давайте рассмотрим практический пример на тему астрономии. Мы развернём запрос `supernovae`, используя правила перезаписи в таблице:

```
CREATE TABLE aliases (t tsquery primary key, s tsquery);
INSERT INTO aliases VALUES(to_tsquery('supernovae'),
    to_tsquery('supernovae|sn'));

SELECT ts_rewrite(to_tsquery('supernovae & crab'), 'SELECT * FROM aliases');
           ts_rewrite
-----
'crab' & ( 'supernova' | 'sn' )
```

Мы можем скорректировать правила перезаписи, просто изменив таблицу:

```
UPDATE aliases
SET s = to_tsquery('supernovae|sn & !nebulae')
WHERE t = to_tsquery('supernovae');

SELECT ts_rewrite(to_tsquery('supernovae & crab'), 'SELECT * FROM aliases');
           ts_rewrite
-----
'crab' & ( 'supernova' | 'sn' & !'nebula' )
```

Перезапись может быть медленной, когда задано много правил перезаписи, так как соответствия будут проверяться для каждого правила. Чтобы отфильтровать явно неподходящие правила, можно использовать проверки включения для типа `tsquery`. В следующем примере выбираются только те правила, которые могут соответствовать исходному запросу:

```
SELECT ts_rewrite('a & b'::tsquery,
    'SELECT t,s FROM aliases WHERE 'a & b'::tsquery @> t');
           ts_rewrite
-----
'b' & 'c'
```

12.4.3. Триггеры для автоматического обновления

Когда представление документа в формате `tsvector` хранится в отдельном столбце, необходимо создать триггер, который будет обновлять его содержимое при изменении столбцов, из которых составляется исходный документ. Для этого можно использовать две встроенные триггерные функции или написать свои собственные.

```
tsvector_update_trigger(столбец_tsvector, имя_конфигурации, столбец_текста [, ...])
tsvector_update_trigger_column(столбец_tsvector, столбец_конфигурации,
    столбец_текста [, ...])
```

Эти триггерные функции автоматически вычисляют значение для столбца `tsvector` из одного или нескольких текстовых столбцов с параметрами, указанными в команде `CREATE TRIGGER`. Пример их использования:

```
CREATE TABLE messages (
    title      text,
    body       text,
    tsv        tsvector
);
```

```
CREATE TRIGGER tsvectorupdate BEFORE INSERT OR UPDATE
ON messages FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION
tsvector_update_trigger(tsv, 'pg_catalog.english', title, body);

INSERT INTO messages VALUES('title here', 'the body text is here');

SELECT * FROM messages;
  title      |          body          |          tsv
-----+-----+-----
title here | the body text is here | 'bodi':4 'text':5 'titl':1

SELECT title, body FROM messages WHERE tsv @@ to_tsquery('title & body');
  title      |          body
-----+-----
title here | the body text is here
```

С таким триггером любое изменение в полях `title` или `body` будет автоматически отражаться в содержимом `tsv`, так что приложению не придётся заниматься этим.

Первым аргументом этих функций должно быть имя столбца `tsvector`, содержимое которого будет обновляться. Ещё один аргумент — конфигурация текстового поиска, которая будет использоваться для преобразования. Для `tsvector_update_trigger` имя конфигурации передаётся просто как второй аргумент триггера. Это имя должно быть определено полностью, чтобы поведение триггера не менялось при изменениях в пути поиска (`search_path`). Для `tsvector_update_trigger_column` во втором аргументе триггера передаётся имя другого столбца таблицы, который должен иметь тип `regconfig`. Это позволяет использовать разные конфигурации для разных строк. В оставшихся аргументах передаются имена текстовых столбцов (типа `text`, `varchar` или `char`). Их содержимое будет включено в документ в заданном порядке. При этом значения `NULL` будут пропущены (а другие столбцы будут индексироваться).

Ограничение этих встроенных триггеров заключается в том, что они обрабатывают все столбцы одинаково. Чтобы столбцы обрабатывались по-разному, например для текста заголовка задавался не тот же вес, что для тела документа, потребуется разработать свой триггер. К примеру, так это можно сделать на языке PL/pgSQL:

```
CREATE FUNCTION messages_trigger() RETURNS trigger AS $$
begin
    new.tsv :=
        setweight(to_tsvector('pg_catalog.english', coalesce(new.title, '')), 'A') ||
        setweight(to_tsvector('pg_catalog.english', coalesce(new.body, '')), 'D');
    return new;
end
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
CREATE TRIGGER tsvectorupdate BEFORE INSERT OR UPDATE
ON messages FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION messages_trigger();
```

Помните, что, создавая значения `tsvector` в триггерах, важно явно указывать имя конфигурации, чтобы содержимое столбца не зависело от изменений `default_text_search_config`. В противном случае могут возникнуть проблемы, например результаты поиска изменятся после выгрузки и восстановления данных.

12.4.4. Сбор статистики по документу

Функция `ts_stat` может быть полезна для проверки конфигурации и нахождения возможных стоп-слов.

```
ts_stat(sql_запрос text, [веса text,]
        OUT слово text, OUT число_док integer,
        OUT число_вхожд integer) returns setof record
```

Здесь *sql_запрос* — текстовая строка, содержащая SQL-запрос, который должен возвращать один столбец *tsvector*. Функция *ts_stat* выполняет запрос и возвращает статистику по каждой отдельной лексеме (слову), содержащейся в данных *tsvector*. Её результат представляется в столбцах

- *слово text* — значение лексемы
- *число_док integer* — число документов (значений *tsvector*), в которых встретилось слово
- *число_вхожд integer* — общее число вхождений слова

Если передаётся параметр *weights*, то подсчитываются только вхождения с указанными в нём весами.

Например, найти десять наиболее часто используемых слов в коллекции документов можно так:

```
SELECT * FROM ts_stat('SELECT vector FROM apod')
ORDER BY nentry DESC, ndoc DESC, word
LIMIT 10;
```

Следующий запрос возвращает тоже десять слов, но при выборе их учитываются только вхождения с весами A или B:

```
SELECT * FROM ts_stat('SELECT vector FROM apod', 'ab')
ORDER BY nentry DESC, ndoc DESC, word
LIMIT 10;
```

12.5. Анализаторы

Задача анализаторов текста — разделить текст документа на *фрагменты* и присвоить каждому из них тип из набора, определённого в самом анализаторе. Заметьте, что анализаторы не меняют текст — они просто выдают позиции предполагаемых слов. Вследствие такой ограниченности их функций, собственные специфические анализаторы бывают нужны гораздо реже, чем собственные словари. В настоящее время в PostgreSQL есть только один встроенный анализатор, который может быть полезен для широкого круга приложений.

Этот встроенный анализатор называется *pg_catalog.default*. Он распознаёт 23 типа фрагментов, перечисленные в Таблице 12.1.

Таблица 12.1. Типы фрагментов, выделяемых стандартным анализатором

Псевдоним	Описание	Пример
<i>asciiword</i>	Слово только из букв ASCII	<i>elephant</i>
<i>word</i>	Слово из любых букв	<i>mañana</i>
<i>numword</i>	Слово из букв и цифр	<i>beta1</i>
<i>asciihword</i>	Слово только из букв ASCII с дефисами	<i>up-to-date</i>
<i>hword</i>	Слово из любых букв с дефисами	<i>lógico-matemática</i>
<i>numhword</i>	Слово из букв и цифр с дефисами	<i>postgresql-beta1</i>
<i>hword_asciipart</i>	Часть слова с дефисами, только из букв ASCII	<i>postgresql</i> в словосочетании <i>postgresql-beta1</i>
<i>hword_part</i>	Часть слова с дефисами, из любых букв	<i>lógico</i> или <i>matemática</i> в словосочетании <i>lógico-matemática</i>
<i>hword_numpart</i>	Часть слова с дефисами, из букв и цифр	<i>beta1</i> в словосочетании <i>postgresql-beta1</i>
<i>email</i>	Адрес электронной почты	<i>foo@example.com</i>
<i>protocol</i>	Префикс протокола	<i>http://</i>

Псевдоним	Описание	Пример
url	URL	example.com/stuff/index.html
host	Имя узла	example.com
url_path	Путь в адресе URL	/stuff/index.html, как часть URL
file	Путь или имя файла	/usr/local/foo.txt, если не является частью URL
sfloat	Научная запись числа	-1.234e56
float	Десятичная запись числа	-1.234
int	Целое со знаком	-1234
uint	Целое без знака	1234
version	Номер версии	8.3.0
tag	Тег XML	
entity	Сущность XML	&
blank	Символы-разделители	(любые пробельные символы или знаки препинания, не попавшие в другие категории)

Примечание

Понятие «буквы» анализатор определяет исходя из локали, заданной для базы данных, в частности параметра `lc_ctype`. Слова, содержащие только буквы из ASCII (латинские буквы), распознаются как фрагменты отдельного типа, так как иногда бывает полезно выделить их. Для многих европейских языков типы фрагментов `word` и `asciiword` можно воспринимать как синонимы.

`email` принимает не все символы, которые считаются допустимыми по стандарту RFC 5322. В частности, имя почтового ящика помимо алфавитно-цифровых символов может содержать только точку, минус и подчёркивание.

Анализатор может выделить в одном тексте несколько перекрывающихся фрагментов. Например, слово с дефисом будет выдано как целое составное слово и по частям:

```
SELECT alias, description, token FROM ts_debug('foo-bar-beta1');
```

alias	description	token
numhword	Hyphenated word, letters and digits	foo-bar-beta1
hword_asciipart	Hyphenated word part, all ASCII	foo
blank	Space symbols	-
hword_asciipart	Hyphenated word part, all ASCII	bar
blank	Space symbols	-
hword_numpart	Hyphenated word part, letters and digits	beta1

Это поведение считается желательным, так как это позволяет находить при последующем поиске и всё слово целиком, и его части. Ещё один показательный пример:

```
SELECT alias, description, token
FROM ts_debug('http://example.com/stuff/index.html');
```

alias	description	token
protocol	Protocol head	http://

url	URL	example.com/stuff/index.html
host	Host	example.com
url_path	URL path	/stuff/index.html

12.6. Словари

Словари полнотекстового поиска предназначены для исключения *стоп-слов* (слов, которые не должны учитываться при поиске) и *нормализации* слов, чтобы разные словоформы считались совпадающими. Успешно нормализованное слово называется *лексемой*. Нормализация и исключение стоп-слов не только улучшает качество поиска, но и уменьшает размер представления документа в формате `tsvector`, и, как следствие, увеличивает быстродействие. Нормализация не всегда имеет лингвистический смысл, обычно она зависит от требований приложения.

Несколько примеров нормализации:

- Лингвистическая нормализация — словари Ispell пытаются свести слова на входе к нормализованной форме, а стеммеры убирают окончания слов
- Адреса URL могут быть канонизированы, чтобы например следующие адреса считались одинаковыми:
 - `http://www.pgsql.ru/db/mw/index.html`
 - `http://www.pgsql.ru/db/mw/`
 - `http://www.pgsql.ru/db/./db/mw/index.html`
- Названия цветов могут быть заменены их шестнадцатеричными значениями, например `red`, `green`, `blue`, `magenta` → `FF0000`, `00FF00`, `0000FF`, `FF00FF`
- При индексировании чисел можно отбросить цифры в дробной части для сокращения множества всевозможных чисел, чтобы например `3.14159265359`, `3.1415926` и `3.14` стали одинаковыми после нормализации, при которой после точки останутся только две цифры.

Словарь — это программа, которая принимает на вход фрагмент и возвращает:

- массив лексем, если входной фрагмент известен в словаре (заметьте, один фрагмент может породить несколько лексем)
- одну лексему с установленным флагом `TSL_FILTER` для замены исходного фрагмента новым, чтобы следующие словари работали с новым вариантом (словарь, который делает это, называется *фильтрующим словарём*)
- пустой массив, если словарь воспринимает этот фрагмент, но считает его стоп-словом
- `NULL`, если словарь не воспринимает полученный фрагмент

В PostgreSQL встроены стандартные словари для многих языков. Есть также несколько predefined шаблонов, на основании которых можно создавать новые словари с изменёнными параметрами. Все эти шаблоны описаны ниже. Если же ни один из них не подходит, можно создать и свои собственные шаблоны. Соответствующие примеры можно найти в каталоге `contrib/` инсталляции PostgreSQL.

Конфигурация текстового поиска связывает анализатор с набором словарей, которые будут обрабатывать выделенные им фрагменты. Для каждого типа фрагментов, выданных анализатором, в конфигурации задаётся отдельный список словарей. Найденный анализатором фрагмент проходит через все словари по порядку, пока какой-либо словарь не увидит в нём знакомое для него слово. Если он окажется стоп-словом или его не распознает ни один словарь, этот фрагмент не будет учитываться при индексации и поиске. Обычно результат определяет первый же словарь, который возвращает не `NULL`, и остальные словари уже не проверяются; однако фильтрующий словарь может заменить полученное слово другим, которое и будет передано следующим словарям.

Общее правило настройки списка словарей заключается в том, чтобы поставить наиболее частные и специфические словари в начале, затем перечислить более общие и закончить самым общим словарём, например стеммером `Snowball` или словарём `simple`, который распознаёт всё. Например, для поиска по теме астрономии (конфигурация `astro_en`) тип фрагментов `asciiword` (слово из букв ASCII) можно связать со словарём синонимов астрономических терминов, затем с обычным английским словарём и наконец со стеммером английских окончаний `Snowball`:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION astro_en
  ADD MAPPING FOR asciiword WITH astrosyn, english_ispell, english_stem;
```

Фильтрующий словарь можно включить в любом месте списка, кроме конца, где он будет бесполезен. Фильтрующие словари бывают полезны для частичной нормализации слов и упрощения задачи следующих словарей. Например, фильтрующий словарь может удалить из текста диакритические знаки, как это делает модуль unaccent.

12.6.1. Стоп-слова

Стоп-словами называются слова, которые встречаются очень часто, практически в каждом документе, и поэтому не имеют различительной ценности. Таким образом, при полнотекстовом поиске их можно игнорировать. Например, в каждом английском тексте содержатся артикли *a* и *the*, так что хранить их в индексе бессмысленно. Однако стоп-слова влияют на позиции лексем в значении `tsvector`, от чего, в свою очередь, зависит ранжирование:

```
SELECT to_tsvector('english','in the list of stop words');
       to_tsvector
-----
 'list':3 'stop':5 'word':6
```

В результате отсутствуют позиции 1,2,4, потому что фрагменты в этих позициях оказались стоп-словами. Ранги, вычисленные для документов со стоп-словами и без них, могут значительно различаться:

```
SELECT ts_rank_cd (to_tsvector('english','in the list of stop words'),
  to_tsquery('list & stop'));
       ts_rank_cd
-----
           0.05
```

```
SELECT ts_rank_cd (to_tsvector('english','list stop words'),
  to_tsquery('list & stop'));
       ts_rank_cd
-----
           0.1
```

Как именно обрабатывать стоп-слова, определяет сам словарь. Например, словари `ispell` сначала нормализуют слова, а затем просматривают список стоп-слов, тогда как стеммеры `Snowball` просматривают свой список стоп-слов в первую очередь. Это различие в поведении объясняется стремлением уменьшить шум.

12.6.2. Простой словарь

Работа шаблона словарей `simple` сводится к преобразованию входного фрагмента в нижний регистр и проверки результата по файлу со списком стоп-слов. Если это слово находится в файле, словарь возвращает пустой массив и фрагмент исключается из дальнейшего рассмотрения. В противном случае словарь возвращает в качестве нормализованной лексемы слово в нижнем регистре. Этот словарь можно настроить и так, чтобы все слова, кроме стоп-слов, считались неопознанными и передавались следующему словарю в списке.

Определить словарь на основе шаблона `simple` можно так:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY public.simple_dict (
  TEMPLATE = pg_catalog.simple,
  STOPWORDS = english
);
```

Здесь `english` — базовое имя файла со стоп-словами. Полным именем файла будет `$SHAREDIR/tsearch_data/english.stop`, где `$SHAREDIR` указывает на каталог с общими данными PostgreSQL, часто это `/usr/local/share/postgresql` (точно узнать его можно с помощью команды `pg_config`

--sharedir). Этот текстовый файл должен содержать просто список слов, по одному слову в строке. Пустые строки и окружающие пробелы игнорируются, все символы переводятся в нижний регистр и на этом обработка файла заканчивается.

Теперь мы можем проверить наш словарь:

```
SELECT ts_lexize('public.simple_dict','YeS');
       ts_lexize
-----
{yes}

SELECT ts_lexize('public.simple_dict','The');
       ts_lexize
-----
{}
```

Мы также можем настроить словарь так, чтобы он возвращал NULL вместо слова в нижнем регистре, если оно не находится в файле стоп-слов. Для этого нужно присвоить параметру `Accept` значение `false`. Продолжая наш пример:

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY public.simple_dict ( Accept = false );

SELECT ts_lexize('public.simple_dict','YeS');
       ts_lexize
-----

SELECT ts_lexize('public.simple_dict','The');
       ts_lexize
-----
{}
```

Со значением `Accept = true` (по умолчанию) словарь `simple` имеет смысл включать только в конце списка словарей, так как он никогда не передаст фрагмент следующему словарю. И напротив, `Accept = false` имеет смысл, только если за ним следует ещё минимум один словарь.

Внимание

Большинство словарей работают с дополнительными файлами, например, файлами стоп-слов. Содержимое этих файлов *должно* иметь кодировку UTF-8. Если база данных работает в другой кодировке, они будут переведены в неё, когда сервер будет загружать их.

Внимание

Обычно в рамках одного сеанса дополнительный файл словаря загружается только один раз, при первом использовании. Если же вы измените его и захотите, чтобы существующие сеансы работали с новым содержимым, выполните для этого словаря команду `ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY`. Это обновление словаря может быть «фиктивным», фактически не меняющим значения никаких параметров.

12.6.3. Словарь синонимов

Этот шаблон словарей используется для создания словарей, заменяющих слова синонимами. Словосочетания такие словари не поддерживают (используйте для этого тезаурус (Подраздел 12.6.4)). Словарь синонимов может помочь в преодолении лингвистических проблем, например, не дать

стеммеру английского уменьшить слово «Paris» до «pari». Для этого достаточно поместить в словарь синонимов строку `Paris paris` и поставить этот словарь перед словарём `english_stem`. На пример:

```
SELECT * FROM ts_debug('english', 'Paris');
  alias | description | token | dictionaries | dictionary | lexemes
-----+-----+-----+-----+-----+-----
asciiword| Word, all ASCII| Paris| {english_stem}| english_stem| {pari}

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY my_synonym (
  TEMPLATE = synonym,
  SYNONYMS = my_synonyms
);

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
  ALTER MAPPING FOR asciiword
  WITH my_synonym, english_stem;

SELECT * FROM ts_debug('english', 'Paris');
  alias | description | token | dictionaries | dictionary | lexemes
-----+-----+-----+-----+-----+-----
asciiword| Word, all ASCII| Paris| {my_synonym, | my_synonym| {paris}
          |          |          | english_stem}|          |
```

Шаблон `synonym` принимает единственный параметр, `SYNONYMS`, в котором задаётся базовое имя его файла конфигурации — в данном примере это `my_synonyms`. Полным именем файла будет `$SHAREDIR/tsearch_data/my_synonyms.syn` (где `$SHAREDIR` указывает на каталог общих данных PostgreSQL). Содержимое этого файла должны составлять строки с двумя словами в каждой (первое — заменяемое слово, а второе — его синоним), разделёнными пробелами. Пустые строки и окружающие пробелы при разборе этого файла игнорируются.

Шаблон `synonym` также принимает необязательный параметр `CaseSensitive`, который по умолчанию имеет значение `false`. Когда `CaseSensitive` равен `false`, слова в файле синонимов переводятся в нижний регистр, вместе с проверяемыми фрагментами. Если же он не равен `true`, регистр слов в файле и проверяемых фрагментов не меняются, они сравниваются «как есть».

В конце синонима в этом файле можно добавить звёздочку (*), тогда этот синоним будет рассматриваться как префикс. Эта звёздочка будет игнорироваться в `to_tsvector()`, но `to_tsquery()` изменит результат, добавив в него маркер сопоставления префикса (см. Подраздел 12.3.2). Например, предположим, что файл `$SHAREDIR/tsearch_data/synonym_sample.syn` имеет следующее содержание:

```
postgres      pgsql
postgresql    pgsql
postgre pgsql
google        googl
indices index*
```

С ним мы получим такие результаты:

```
mydb=# CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY
      syn (template=synonym, synonyms='synonym_sample');
mydb=# SELECT ts_lexize('syn','indices');
 ts_lexize
-----
 {index}
(1 row)

mydb=# CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION tst (copy=simple);
mydb=# ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION tst ALTER MAPPING FOR asciiword
```



```

WITH syn;
mydb=# SELECT to_tsvector('tst','indices');
         to_tsvector
-----
 'index':1
(1 row)

mydb=# SELECT to_tsquery('tst','indices');
         to_tsquery
-----
 'index':*
(1 row)

mydb=# SELECT 'indexes are very useful'::tsvector;
         tsvector
-----
 'are' 'indexes' 'useful' 'very'
(1 row)

mydb=# SELECT 'indexes are very useful'::tsvector @@
         to_tsquery('tst','indices');
         ?column?
-----
 t
(1 row)

```

12.6.4. Тезаурус

Тезаурус (или сокращённо TZ) содержит набор слов и информацию о связях слов и словосочетаний, то есть более широкие понятия (Broader Terms, BT), более узкие понятия (Narrow Terms, NT), предпочитаемые названия, исключаемые названия, связанные понятия и т. д.

В основном тезаурус заменяет исключаемые слова и словосочетания предпочитаемыми и может также сохранить исходные слова для индексации. Текущая реализация тезауруса в PostgreSQL представляет собой расширение словаря синонимов с поддержкой *фраз*. Конфигурация тезауруса определяется файлом следующего формата:

```

# это комментарий
образец слов(a) : индексируемые слова
другой образец слов(a) : другие индексируемые слова
...

```

Здесь двоеточие (:) служит разделителем между исходной фразой и её заменой.

Прежде чем проверять соответствие фраз, тезаурус нормализует файл конфигурации, используя *внутренний словарь* (который указывается в конфигурации словаря-тезауруса). Этот внутренний словарь для тезауруса может быть только одним. Если он не сможет распознать какое-либо слово, произойдёт ошибка. В этом случае необходимо либо исключить это слово, либо добавить его во внутренний словарь. Также можно добавить звёздочку (*) перед индексируемыми словами, чтобы они не проверялись по внутреннему словарю, но все слова-образцы *должны* быть известны внутреннему словарю.

Если входному фрагменту соответствуют несколько фраз в этом списке, тезаурус выберет самое длинное определение, а если таких окажется несколько, самое последнее из них.

Выделить во фразе какие-то стоп-слова нельзя; вместо этого можно вставить ? в том месте, где может оказаться стоп-слово. Например, в предположении, что a и the — стоп-слова по внутреннему словарю:

```
? one ? two : swsw
```

соответствует входным строкам `a one the two` и `the one a two`, так что обе эти строки будут заменены на `swws`.

Как и обычный словарь, тезаурус должен привязываться к лексемам определённых типов. Так как тезаурус может распознавать фразы, он должен запоминать своё состояние и взаимодействовать с анализатором. Учитывая свои привязки, он может либо обрабатывать следующий фрагмент, либо прекратить накопление фразы. Поэтому настройка тезаурусов в системе требует особого внимания. Например, если привязать тезаурус только к типу фрагментов `asciiword`, тогда определение в тезаурусе `one 7` не будет работать, так как этот тезаурус не связан с типом `uint`.

Внимание

Тезаурусы используются при индексации, поэтому при любом изменении параметров или содержимого тезауруса *необходима* переиндексация. Для большинства других типов словарей при небольших изменениях, таких как удаление и добавление стоп-слов, переиндексация не требуется.

12.6.4.1. Конфигурация тезауруса

Для создания нового словаря-тезауруса используется шаблон `thesaurus`. Например:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY thesaurus_simple (
    TEMPLATE = thesaurus,
    DictFile = mythesaurus,
    Dictionary = pg_catalog.english_stem
);
```

Здесь:

- `thesaurus_simple` — имя нового словаря
- `mythesaurus` — базовое имя файла конфигурации тезауруса. (Полным путём к файлу будет `$SHAREDIR/tsearch_data/mythesaurus.ths`, где `$SHAREDIR` указывает на каталог общих данных PostgreSQL.)
- `pg_catalog.english_stem` — внутренний словарь (в данном случае, это стеммер Snowball для английского) для нормализации тезауруса. Заметьте, что внутренний словарь имеет собственную конфигурацию (например, список стоп-слов), но здесь она не рассматривается.

Теперь тезаурус `thesaurus_simple` можно связать с желаемыми типами фрагментов в конфигурации, например так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
    ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart
    WITH thesaurus_simple;
```

12.6.4.2. Пример тезауруса

Давайте рассмотрим простой астрономический тезаурус `thesaurus_astro`, содержащий несколько астрономических терминов:

```
supernovae stars : sn
crab nebulae : crab
```

Ниже мы создадим словарь и привяжем некоторые типы фрагментов к астрономическому тезаурусу и английскому стеммеру:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY thesaurus_astro (
    TEMPLATE = thesaurus,
    DictFile = thesaurus_astro,
    Dictionary = english_stem
);
```

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION russian
```

```
ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart
WITH thesaurus_astro, english_stem;
```

Теперь можно проверить, как он работает. Функция `ts_lexize` не очень полезна для проверки тезауруса, так как она обрабатывает входную строку как один фрагмент. Вместо неё мы можем использовать функции `plainto_tsquery` и `to_tsvector`, которые разбивают входную строку на несколько фрагментов:

```
SELECT plainto_tsquery('supernova star');
plainto_tsquery
-----
'sn'
```

```
SELECT to_tsvector('supernova star');
to_tsvector
-----
'sn':1
```

В принципе так же можно использовать `to_tsquery`, если заключить аргумент в кавычки:

```
SELECT to_tsquery(' 'supernova star');
to_tsquery
-----
'sn'
```

Заметьте, что `supernova star` совпадает с `supernovae stars` в `thesaurus_astro`, так как мы подключили стеммер `english_stem` в определении тезауруса. Этот стеммер удалил конечные буквы `e` и `s`.

Чтобы проиндексировать исходную фразу вместе с заменой, её нужно просто добавить в правую часть соответствующего определения:

```
supernovae stars : sn supernovae stars

SELECT plainto_tsquery('supernova star');
plainto_tsquery
-----
'sn' & 'supernova' & 'star'
```

12.6.5. Словарь Ispell

Шаблон словарей Ispell поддерживает *морфологические словари*, которые могут сводить множество разных лингвистических форм слова к одной лексеме. Например, английский словарь Ispell может связать вместе все склонения и спряжения ключевого слова `bank`: `banking`, `banked`, `banks`, `banks'`, `bank's` и т. п.

Стандартный дистрибутив PostgreSQL не включает файлы конфигурации Ispell. Загрузить словари для множества языков можно со страницы *Ispell*. Кроме того, поддерживаются и другие современные форматы словарей: *MySpell* (OO < 2.0.1) и *Hunspell* (OO >= 2.0.2). Большой набор соответствующих словарей можно найти на странице *OpenOffice Wiki*.

Чтобы создать словарь Ispell, выполните следующие действия:

- загрузите файлы конфигурации словаря. Пакет с дополнительным словарём OpenOffice имеет расширение `.oxt`. Из него необходимо извлечь файлы `.aff` и `.dic`, и сменить их расширения на `.affix` и `.dict`, соответственно. Для некоторых файлов словарей также необходимо преобразовать символы в кодировку UTF-8 с помощью, например, таких команд (для норвежского языка):

```
iconv -f ISO_8859-1 -t UTF-8 -o nn_no.affix nn_NO.aff
iconv -f ISO_8859-1 -t UTF-8 -o nn_no.dict nn_NO.dic
```

- скопируйте файлы в каталог `$SHAREDIR/tsearch_data`

- загрузите эти файлы в PostgreSQL следующей командой:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_hunspell (
    TEMPLATE = ispell,
    DictFile = en_us,
    AffFile = en_us,
    Stopwords = english);
```

Здесь параметры DictFile, AffFile и StopWords определяют базовые имена файлов словаря, аффиксов и стоп-слов. Файл стоп-слов должен иметь тот же формат, что рассматривался выше в описании словаря simple. Формат других файлов здесь не рассматривается, но его можно узнать по вышеуказанным веб-адресам.

Словари Ispell обычно воспринимают ограниченный набор слов, так что за ними следует подключить другой, более общий словарь, например, Snowball, который принимает всё.

Файл .affix для Ispell имеет такую структуру:

```
prefixes
flag *A:
    .                > RE          # As in enter > reenter
suffixes
flag T:
    E                > ST          # As in late > latest
    [^AEIOU]Y        > -Y, IEST    # As in dirty > dirtiest
    [AEIOU]Y          > EST        # As in gray > grayest
    [^EY]             > EST        # As in small > smallest
```

А файл .dict — такую:

```
lapse/ADGRS
lard/DGRS
large/PRTY
lark/MRS
```

Формат файла .dict следующий:

```
basic_form/affix_class_name
```

В файле .affix каждый флаг аффиксов описывается в следующем формате:

```
условие > [-отсекаемые_буквы,] добавляемый_аффикс
```

Здесь условие записывается в формате, подобном формату регулярных выражений. В нём возможно описать группы [...] и [^...]. Например, запись [AEIOU]Y означает, что последняя буква слова — "y", а предпоследней может быть "a", "e", "i", "o" или "u". Запись [^EY] означает, что последняя буква не "e" и не "y".

Словари Ispell поддерживают разделение составных слов, что бывает полезно. Заметьте, что для этого в файле аффиксов нужно пометить специальным оператором compoundwords controlled слова, которые могут участвовать в составных образованиях:

```
compoundwords controlled z
```

Вот как это работает для норвежского языка:

```
SELECT ts_lexize('norwegian_ispell',
    'overbuljongterningpakkmasterassistent');
    {over,buljong,terning,pakk,mester,assistent}
SELECT ts_lexize('norwegian_ispell', 'sjokoladefabrikk');
    {sjokoladefabrikk,sjokolade,fabrikk}
```

Формат MySpell представляет собой подмножество формата Hunspell. Файл .affix словаря Hunspell имеет следующую структуру:

```

PFX A Y 1
PFX A 0 re .
SFX T N 4
SFX T 0 st e
SFX T y iest [^aeiou]y
SFX T 0 est [aeiou]y
SFX T 0 est [^ey]

```

Первая строка класса аффиксов — заголовок. Поля правил аффиксов указываются после заголовка:

- имя параметра (PFX или SFX)
- флаг (имя класса аффиксов)
- отсекаемые символы в начале (в префиксе) или в конце (в суффиксе) слова
- добавляемый аффикс
- условие в формате, подобном регулярным выражениям.

Файл `.dict` подобен файлу `.dict` словаря Ispell:

```

larder/M
lardy/RT
large/RSPMYT
largehearted

```

Примечание

Словарь MySpell не поддерживает составные слова. С другой стороны, Hunspell поддерживает множество операции с ними, но в настоящее время PostgreSQL использует только самые простые из этого множества.

12.6.6. Словарь Snowball

Шаблон словарей Snowball основан на проекте Мартина Потера, изобретателя популярного алгоритма стемминга для английского языка. Сейчас Snowball предлагает алгоритмы и для многих других языков (за подробностями обратитесь на *сайт Snowball*). Каждый алгоритм знает, как для данного языка свести распространённые словоформы к начальной форме. Для словаря Snowball задаётся обязательный параметр `language`, определяющий, какой именно стеммер использовать, и может задаваться параметр `stopword`, указывающий файл со списком исключаемых слов. (Стандартные списки стоп-слов PostgreSQL используется также в и проекте Snowball.) Например, встроенное определение выглядит так

```

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_stem (
    TEMPLATE = snowball,
    Language = english,
    StopWords = english
);

```

Формат файла стоп-слов не отличается от рассмотренного ранее.

Словарь Snowball распознаёт любые фрагменты, даже если он не может упростить слова, так что он должен быть самым последним в списке словарей. Помещать его перед другими словарями нет смысла, так как после него никакой фрагмент не будет передан следующему словарю.

12.7. Пример конфигурации

Конфигурация текстового поиска определяет всё, что необходимо для преобразования документа в формат `tsvector`: анализатор, который будет разбивать текст на фрагменты, и словари, которые будут преобразовывать фрагменты в лексемы. При каждом вызове `to_tsvector` или `to_tsquery` обязательно используется конфигурация текстового поиска. В конфигурации сервера есть пара-

метр `default_text_search_config`, задающий имя конфигурации текстового поиска по умолчанию, которая будет использоваться, когда при вызове функций поиска соответствующий аргумент не определён. Этот параметр можно задать в `postgresql.conf` или установить в рамках отдельного сеанса с помощью команды `SET`.

В системе есть несколько встроенных конфигураций текстового поиска и вы можете легко дополнить их своими. Для удобства управления объектами текстового поиска в PostgreSQL реализованы соответствующие SQL-команды и специальные команды в `psql`, выводящие информацию об этих объектах (Раздел 12.10).

В качестве примера использования этих команд мы создадим конфигурацию `pg`, взяв за основу встроенную конфигурацию `english`:

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION public.pg ( COPY = pg_catalog.english );
```

Мы будем использовать список синонимов, связанных с PostgreSQL, в файле `$SHAREDIR/tsearch_data/pg_dict.syn`. Этот файл содержит строки:

```
postgres    pg
pgsql       pg
postgresql  pg
```

Мы определим словарь синонимов следующим образом:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY pg_dict (
    TEMPLATE = synonym,
    SYNONYMS = pg_dict
);
```

Затем мы регистрируем словарь `Ispell english_ispell`, у которого есть собственные файлы конфигурации:

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_ispell (
    TEMPLATE = ispell,
    DictFile = english,
    AffFile = english,
    StopWords = english
);
```

Теперь мы можем настроить сопоставления для слов в конфигурации `pg`:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION pg
    ALTER MAPPING FOR asciiword, asciihword, hword_asciipart,
                    word, hword, hword_part
    WITH pg_dict, english_ispell, english_stem;
```

Мы решили не индексировать и не учитывать при поиске некоторые типы фрагментов, которые не обрабатываются встроенной конфигурацией:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION pg
    DROP MAPPING FOR email, url, url_path, sfloat, float;
```

Теперь мы можем протестировать нашу конфигурацию:

```
SELECT * FROM ts_debug('public.pg', '
PostgreSQL, the highly scalable, SQL compliant, open source
object-relational database management system, is now undergoing
beta testing of the next version of our software.
');
```

И наконец мы выбираем в текущем сеансе эту конфигурацию, созданную в схеме `public`:

```
=> \dF
List of text search configurations
```

```

Schema | Name | Description
-----+-----+-----
public | pg   |

SET default_text_search_config = 'public.pg';
SET

SHOW default_text_search_config;
default_text_search_config
-----
public.pg

```

12.8. Тестирование и отладка текстового поиска

Поведение нестандартной конфигурации текстового поиска по мере её усложнения может стать непонятным. В этом разделе описаны функции, полезные для тестирования объектов текстового поиска. Вы можете тестировать конфигурацию как целиком, так и по частям, отлаживая анализаторы и словари по отдельности.

12.8.1. Тестирование конфигурации

Созданную конфигурацию текстового поиска можно легко протестировать с помощью функции `ts_debug`.

```

ts_debug([конфигурация regconfig,] документ text,
         OUT псевдоним text,
         OUT описание text,
         OUT фрагмент text,
         OUT словари regdictionary[],
         OUT словарь regdictionary,
         OUT лексемы text[])
returns setof record

```

`ts_debug` выводит информацию обо всех фрагментах данного документа, которые были выданы анализатором и обработаны настроенными словарями. Она использует конфигурацию, указанную в аргументе `config`, или `default_text_search_config`, если этот аргумент опущен.

`ts_debug` возвращает по одной строке для каждого фрагмента, найденного в тексте анализатором. Эта строка содержит следующие столбцы:

- *синоним text* — краткое имя типа фрагмента
- *описание text* — описание типа фрагмента
- *фрагмент text* — текст фрагмента
- *словари regdictionary[]* — словари, назначенные в конфигурации для фрагментов такого типа
- *словарь regdictionary* — словарь, распознавший этот фрагмент, или NULL, если подходящего словаря не нашлось
- *лексемы text[]* — лексемы, выданные словарём, распознавшим фрагмент, или NULL, если подходящий словарь не нашёлся; может быть также пустым массивом (`{}`), если фрагмент распознан как стоп-слово

Простой пример:

```

SELECT * FROM ts_debug('english',
  'a fat  cat sat on a mat - it ate a fat rats');
  alias | description | token | dictionaries | dictionary | lexemes
-----+-----+-----+-----+-----+-----
asciword| Word, all ASCII| a      | {english_stem}| english_stem| {}
blank   | Space symbols  |        | {}             |              |

```

asciiword	Word, all ASCII	fat	{english_stem}	english_stem	{fat}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	cat	{english_stem}	english_stem	{cat}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	sat	{english_stem}	english_stem	{sat}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	on	{english_stem}	english_stem	{}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	a	{english_stem}	english_stem	{}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	mat	{english_stem}	english_stem	{mat}
blank	Space symbols		{}		
blank	Space symbols	-	{}		
asciiword	Word, all ASCII	it	{english_stem}	english_stem	{}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	ate	{english_stem}	english_stem	{ate}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	a	{english_stem}	english_stem	{}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	fat	{english_stem}	english_stem	{fat}
blank	Space symbols		{}		
asciiword	Word, all ASCII	rats	{english_stem}	english_stem	{rat}

Для более полной демонстрации мы сначала создадим конфигурацию `public.english` и словарь `Ispell` для английского языка:

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION public.english
( COPY = pg_catalog.english );

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY english_ispell (
    TEMPLATE = ispell,
    DictFile = english,
    AffFile = english,
    StopWords = english
);

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION public.english
    ALTER MAPPING FOR asciiword WITH english_ispell, english_stem;

SELECT * FROM ts_debug('public.english','The Brightest supernovaes');
  alias | description | token | dictionaries | dictionary | lexemes
-----+-----+-----+-----+-----+-----
asciiword|Word,          |The      |{english_ispell|english_   |{|}
        |all ASCII    |         |,english_stem}|ispell    |
blank   |Space symbols|         |{}         |          |
        |             |         |           |          |
asciiword|Word,          |Brightest|{english_ispell|english_   |{bright}
        |all ASCII    |         |,english_stem}|ispell    |
blank   |Space symbols|         |{}         |          |
        |             |         |           |          |
asciiword|Word,          |supernovaes|{english_ispell|english_   |{supernova}
        |all ASCII    |         |,english_stem}|stem      |
```

В этом примере слово `Brightest` было воспринято анализатором как фрагмент ASCII word (синоним `asciiword`). Для этого типа фрагментов список словарей включает `english_ispell` и `english_stem`. Данное слово было распознано словарём `english_ispell`, который свёл его к `bright`. Слово `supernovaes` оказалось незнакомо словарю `english_ispell`, так что оно было передано следующему словарю, который его благополучно распознал (на самом деле `english_stem` — это стеммер `Snowball`, который распознаёт всё, поэтому он включён в список словарей последним).

Слово The было распознано словарём english_ispell как стоп-слово (см. Подраздел 12.6.1) и поэтому не будет индексироваться. Пробелы тоже отбрасываются, так как в данной конфигурации для них нет словарей.

Вы можете уменьшить ширину вывода, явно перечислив только те столбцы, которые вы хотите видеть:

```
SELECT alias, token, dictionary, lexemes
FROM ts_debug('public.english','The Brightest supernovaes');
  alias | token | dictionary | lexemes
-----+-----+-----+-----
asciword | The | english_ispell | {}
blank | | | 
asciword | Brightest | english_ispell | {bright}
blank | | | 
asciword | supernovaes | english_stem | {supernova}
```

12.8.2. Тестирование анализатора

Следующие функции позволяют непосредственно протестировать анализатор текстового поиска.

```
ts_parse(имя_анализатора text, документ text,
         OUT код_фрагмента integer, OUT фрагмент text) returns setof record
ts_parse(oid_анализатора oid, документ text,
         OUT код_фрагмента integer, OUT фрагмент text) returns setof record
```

`ts_parse` разбирает данный документ и возвращает набор записей, по одной для каждого извлечённого фрагмента. Каждая запись содержит код_фрагмента, код назначенного типа фрагмента, и фрагмент, собственно текст фрагмента. Например:

```
SELECT * FROM ts_parse('default', '123 - a number');
 tokid | token
-----+-----
    22 | 123
    12 | 
    12 | -
     1 | a
    12 | 
     1 | number
```

```
ts_token_type(имя_анализатора text, OUT код_фрагмента integer,
              OUT псевдоним text, OUT описание text) returns setof record
ts_token_type(oid_анализатора oid, OUT код_фрагмента integer,
              OUT псевдоним text, OUT описание text) returns setof record
```

`ts_token_type` возвращает таблицу, описывающую все типы фрагментов, которые может распознать анализатор. Для каждого типа в этой таблице указывается его целочисленный код_фрагмента, псевдоним, с которым этот тип фигурирует в командах, и краткое description. Например:

```
SELECT * FROM ts_token_type('default');
 tokid | alias | description
-----+-----+-----
     1 | asciword | Word, all ASCII
     2 | word | Word, all letters
     3 | numword | Word, letters and digits
     4 | email | Email address
     5 | url | URL
     6 | host | Host
     7 | sfloat | Scientific notation
     8 | version | Version number
```

9		hword_numpart		Hyphenated word part, letters and digits
10		hword_part		Hyphenated word part, all letters
11		hword_asciipart		Hyphenated word part, all ASCII
12		blank		Space symbols
13		tag		XML tag
14		protocol		Protocol head
15		numhword		Hyphenated word, letters and digits
16		asciihword		Hyphenated word, all ASCII
17		hword		Hyphenated word, all letters
18		url_path		URL path
19		file		File or path name
20		float		Decimal notation
21		int		Signed integer
22		uint		Unsigned integer
23		entity		XML entity

12.8.3. Тестирование словаря

Для тестирования словаря предназначена функция `ts_lexize`.

`ts_lexize(словарь regdictionary, фрагмент text)` returns `text[]`

`ts_lexize` возвращает массив лексем, если входной *фрагмент* известен словарю, либо пустой массив, если этот фрагмент считается в словаре стоп-словом, либо NULL, если он не был распознан.

Примеры:

```
SELECT ts_lexize('english_stem', 'stars');
ts_lexize
-----
{star}

SELECT ts_lexize('english_stem', 'a');
ts_lexize
-----
{}
```

Примечание

Функция `ts_lexize` принимает одиночный *фрагмент*, а не просто текст. Вот пример возможного заблуждения:

```
SELECT ts_lexize('thesaurus_astro','supernovae stars') is null;
?column?
-----
t
```

Хотя фраза `supernovae stars` есть в тезаурусе `thesaurus_astro`, `ts_lexize` не работает, так как она не разбирает входной текст, а воспринимает его как один фрагмент. Поэтому для проверки тезаурусов следует использовать функции `plainto_tsquery` и `to_tsvector`, например:

```
SELECT plainto_tsquery('supernovae stars');
plainto_tsquery
-----
'sn'
```

12.9. Типы индексов GIN и GiST

Для ускорения полнотекстового поиска можно использовать индексы двух видов. Заметьте, что эти индексы не требуются для поиска, но если по какому-то столбцу поиск выполняется регулярно, обычно желательно её индексировать.

```
CREATE INDEX имя ON таблица USING GIN (столбец);
```

Создаёт индекс на базе GIN (Generalized Inverted Index, Обобщённый Инвертированный Индекс). Столбец должен иметь тип `tsvector`.

```
CREATE INDEX имя ON таблица USING GIST (столбец);
```

Создаёт индекс на базе GiST (Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска). Здесь столбец может иметь тип `tsvector` или `tsquery`.

Более предпочтительными для текстового поиска являются индексы GIN. Будучи инвертированными индексами, они содержат записи для всех отдельных слов (лексем) с компактным списком мест их вхождений. При поиске нескольких слов можно найти первое, а затем воспользоваться индексом и исключить строки, в которых дополнительные слова отсутствуют. Индексы GIN хранят только слова (лексем) из значений `tsvector`, и теряют информацию об их весах. Таким образом для выполнения запроса с весами потребуется перепроверить строки в таблице.

Индекс GiST допускает *неточности*, то есть он допускает ложные попадания и поэтому их нужно исключать дополнительно, сверяя результат с фактическими данными таблицы. (PostgreSQL делает это автоматически.) Индексы GiST являются неточными, так как все документы в них представляются сигнатурой фиксированной длины. Эта сигнатура создаётся в результате представления присутствия каждого слова как одного бита в строке из n -бит, а затем логического объединения этих битовых строк. Если двум словам будет соответствовать одна битовая позиция, попадание оказывается ложным. Если для всех слов оказались установлены соответствующие биты (в случае фактического или ложного попадания), для проверки правильности предположения о совпадении слов необходимо прочитать строку таблицы.

Неточность индекса приводит к снижению производительности из-за дополнительных обращений к записям таблицы, для которых предположение о совпадении оказывается ложным. Так как произвольный доступ к таблице обычно не бывает быстрым, это ограничивает применимость индексов GiST. Вероятность ложных попаданий зависит от ряда факторов, например от количества уникальных слов, так что его рекомендуется сокращать, применяя словари.

Заметьте, что построение индекса GIN часто можно ускорить, увеличив `maintenance_work_mem`, тогда как время построения индекса GiST не зависит от этого параметра.

Правильно используя индексы GIN и GiST и разделяя большие коллекции документов на секции, можно реализовать очень быстрый поиск с возможностью обновления «на лету». Секционировать данные можно как на уровне базы, с использованием наследования таблиц, так и распределив документы по разным серверам и затем собирая внешние результаты, например, средствами доступа к сторонним данным. Последний вариант возможен благодаря тому, что функции ранжирования используют только локальную информацию.

12.10. Поддержка `psql`

Информацию об объектах конфигурации текстового поиска можно получить в `psql` с помощью следующего набора команд:

```
\dF{d,p,t}[+] [ШАБЛОН]
```

Необязательный `+` в этих командах включает более подробный вывод.

В необязательном параметре `ШАБЛОН` может указываться имя объекта текстового поиска, возможно дополненное именем схемы. Если `ШАБЛОН` не указан, выводится информация обо всех видимых объектах. `ШАБЛОН` может содержать регулярное выражение с *разными* масками для схемы и объекта. Это иллюстрируют следующие примеры:

```
=> \dF *fulltext*
```

```

List of text search configurations
Schema | Name | Description
-----+-----+-----
public | fulltext_cfg |

```

=> \dF *.fulltext*

```

List of text search configurations
Schema | Name | Description
-----+-----+-----
fulltext | fulltext_cfg |
public | fulltext_cfg |

```

Возможны следующие команды:

\dF[+] [ШАБЛОН]

Список конфигураций текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

=> \dF russian

```

List of text search configurations
Schema | Name | Description
-----+-----+-----
pg_catalog | russian | configuration for russian language

```

=> \dF+ russian

Text search configuration "pg_catalog.russian"
Parser: "pg_catalog.default"

```

Token | Dictionaries
-----+-----
asciihword | english_stem
asciword | english_stem
email | simple
file | simple
float | simple
host | simple
hword | russian_stem
hword_asciipart | english_stem
hword_numpart | simple
hword_part | russian_stem
int | simple
numhword | simple
numword | simple
sfloat | simple
uint | simple
url | simple
url_path | simple
version | simple
word | russian_stem

```

\dFd[+] [ШАБЛОН]

Список словарей текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

=> \dFd

```

List of text search dictionaries
Schema | Name | Description
-----+-----+-----
pg_catalog | danish_stem | snowball stemmer for danish language
pg_catalog | dutch_stem | snowball stemmer for dutch language
pg_catalog | english_stem | snowball stemmer for english language
pg_catalog | finnish_stem | snowball stemmer for finnish language

```

```
pg_catalog | french_stem      | snowball stemmer for french language
pg_catalog | german_stem       | snowball stemmer for german language
pg_catalog | hungarian_stem    | snowball stemmer for hungarian language
pg_catalog | italian_stem      | snowball stemmer for italian language
pg_catalog | norwegian_stem    | snowball stemmer for norwegian language
pg_catalog | portuguese_stem   | snowball stemmer for portuguese language
pg_catalog | romanian_stem     | snowball stemmer for romanian language
pg_catalog | russian_stem      | snowball stemmer for russian language
pg_catalog | simple            | simple dictionary: just lower case and ...
pg_catalog | spanish_stem      | snowball stemmer for spanish language
pg_catalog | swedish_stem      | snowball stemmer for swedish language
pg_catalog | turkish_stem      | snowball stemmer for turkish language
```

\dFp[+] [ШАБЛОН]

Список анализаторов текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

=> \dFp

```
List of text search parsers
Schema | Name | Description
```

```
-----+-----+-----
pg_catalog | default | default word parser
```

=> \dFp+

```
Text search parser "pg_catalog.default"
```

```
Method | Function | Description
-----+-----+-----
Start parse | prsd_start |
Get next token | prsd_nexttoken |
End parse | prsd_end |
Get headline | prsd_headline |
Get token types | prsd_lextype |
```

```
Token types for parser "pg_catalog.default"
```

```
Token name | Description
-----+-----
asciihword | Hyphenated word, all ASCII
asciword | Word, all ASCII
blank | Space symbols
email | Email address
entity | XML entity
file | File or path name
float | Decimal notation
host | Host
hword | Hyphenated word, all letters
hword_asciipart | Hyphenated word part, all ASCII
hword_numpart | Hyphenated word part, letters and digits
hword_part | Hyphenated word part, all letters
int | Signed integer
numhword | Hyphenated word, letters and digits
numword | Word, letters and digits
protocol | Protocol head
sfloat | Scientific notation
tag | XML tag
uint | Unsigned integer
url | URL
url_path | URL path
version | Version number
word | Word, all letters
(23 rows)
```

\dFt[+] [ШАБЛОН]

Список шаблонов текстового поиска (добавьте + для дополнительных сведений).

=> \dFt

List of text search templates		
Schema	Name	Description
pg_catalog	ispell	ispell dictionary
pg_catalog	simple	simple dictionary: just lower case and check for ...
pg_catalog	snowball	snowball stemmer
pg_catalog	synonym	synonym dictionary: replace word by its synonym
pg_catalog	thesaurus	thesaurus dictionary: phrase by phrase substitution

12.11. Ограничения

Текущая реализация текстового поиска в PostgreSQL имеет следующие ограничения:

- Длина лексемы не может превышать 2 килобайта
- Длина значения `tsvector` (лексемы и их позиции) не может превышать 1 мегабайт
- Число лексем должно быть меньше 2^{64}
- Значения позиций в `tsvector` должны быть от 0 до 16383
- Расстояние в операторе `<N>` (ПРЕДШЕСТВУЕТ) типа `tsquery` не может быть больше 16384
- Не больше 256 позиций для одной лексемы
- Число узлов (лексемы + операторы) в значении `tsquery` должно быть меньше 32768

Для сравнения, документация PostgreSQL 8.1 содержала 335 420 слов, из них 10 441 уникальных, а наиболее часто употребляющееся в ней слово «postgresql» встречается 6 127 раз в 655 документах.

Другой пример — архивы списков рассылки PostgreSQL содержали 910 989 уникальных слов в 57 491 343 лексемах в 461 020 сообщениях.

Глава 13. Управление конкурентным доступом

В этой главе описывается поведение СУБД PostgreSQL в ситуациях, когда два или более сеансов пытаются одновременно обратиться к одним и тем же данным. В таких ситуациях важно, чтобы все сеансы могли эффективно работать с данными, и при этом сохранялась целостность данных. Обсуждаемые в этой главе темы заслуживают внимания всех разработчиков баз данных.

13.1. Введение

PostgreSQL предоставляет разработчикам богатый набор средств для управления конкурентным доступом к данным. Внутри он поддерживает целостность данных, реализуя модель MVCC (Multiversion Concurrency Control, Многоверсионное управление конкурентным доступом). Это означает, что каждый SQL-оператор видит снимок данных (*версию базы данных*) на определённый момент времени, вне зависимости от текущего состояния данных. Это защищает операторы от несогласованности данных, возможной, если другие конкурирующие транзакции внесут изменения в те же строки данных, и обеспечивает тем самым *изоляцию транзакций* для каждого сеанса баз данных. MVCC, отходя от методик блокирования, принятых в традиционных СУБД, снижает уровень конфликтов блокировок и таким образом обеспечивает более высокую производительность в многопользовательской среде.

Основное преимущество использования модели MVCC по сравнению с блокированием заключается в том, что блокировки MVCC, полученные для чтения данных, не конфликтуют с блокировками, полученными для записи, и поэтому чтение никогда не мешает записи, а запись чтению. PostgreSQL гарантирует это даже для самого строгого уровня изоляции транзакций, используя инновационный уровень изоляции SSI (*Serializable Snapshot Isolation*, Сериализуемая изоляция снимков).

Для приложений, которым в принципе не нужна полная изоляция транзакций и которые предпочитают явно определять точки конфликтов, в PostgreSQL также есть средства блокировки на уровне таблиц и строк. Однако при правильном использовании MVCC обычно обеспечивает лучшую производительность, чем блокировки. Кроме этого, приложения могут использовать рекомендательные блокировки, не привязанные к какой-либо одной транзакции.

13.2. Изоляция транзакций

Стандарт SQL определяет четыре уровня изоляции транзакций. Наиболее строгий из них — сериализуемый, определяется одним абзацем, говорящем, что при параллельном выполнении несколько сериализуемых транзакций должны гарантированно выдавать такой же результат, как если бы они запускались по очереди в некотором порядке. Остальные три уровня определяются через описания особых явлений, которые возможны при взаимодействии параллельных транзакций, но не допускаются на определённом уровне. Как отмечается в стандарте, из определения сериализуемого уровня вытекает, что на этом уровне ни одно из этих явлений не возможно. (В самом деле — если эффект транзакций должен быть тем же, что и при их выполнении по очереди, как можно было бы увидеть особые явления, связанные с другими транзакциями?)

Стандарт описывает следующие особые условия, недопустимые для различных уровней изоляции: «грязное» чтение

Транзакция читает данные, записанные параллельной незавершённой транзакцией.

неповторяемое чтение

Транзакция повторно читает те же данные, что и раньше, и обнаруживает, что они были изменены другой транзакцией (которая завершилась после первого чтения).

фантомное чтение

Транзакция повторно выполняет запрос, возвращающий набор строк для некоторого условия, и обнаруживает, что набор строк, удовлетворяющих условию, изменился из-за транзакции, завершившейся за это время.

аномалия сериализации

Результат успешной фиксации группы транзакций оказывается несогласованным при всевозможных вариантах исполнения этих транзакций по очереди.

Уровни изоляции транзакций, описанные в стандарте SQL и реализованные в PostgreSQL, описываются в Таблице 13.1.

Таблица 13.1. Уровни изоляции транзакций

Уровень изоляции	«Грязное» чтение	Неповторяемое чтение	Фантомное чтение	Аномалия сериализации
Read uncommitted (Чтение незафиксированных данных)	Допускается, но не в PG	Возможно	Возможно	Возможно
Read committed (Чтение зафиксированных данных)	Невозможно	Возможно	Возможно	Возможно
Repeatable read (Повторяемое чтение)	Невозможно	Невозможно	Допускается, но не в PG	Возможно
Serializable (Сериализуемость)	Невозможно	Невозможно	Невозможно	Невозможно

В PostgreSQL вы можете запросить любой из четырёх уровней изоляции транзакций, однако внутри реализованы только три различных уровня, то есть режим Read Uncommitted в PostgreSQL действует как Read Committed. Причина этого в том, что только так можно сопоставить стандартные уровни изоляции с реализованной в PostgreSQL архитектурой многоверсионного управления конкурентным доступом.

В этой таблице также показано, что реализация Repeatable Read в PostgreSQL не допускает фантомное чтение. Стандарт SQL допускает возможность более строгого поведения: четыре уровня изоляции определяют только, какие особые условия не должны наблюдаться, но не какие *обязательно должны*. Поведение имеющихся уровней изоляции подробно описывается в следующих подразделах.

Для выбора нужного уровня изоляции транзакций используется команда SET TRANSACTION.

Важно

Поведение некоторых функций и типов данных PostgreSQL в транзакциях подчиняется особым правилам. В частности, изменения последовательностей (и следовательно, счётчика в столбце, объявленному как `serial`) немедленно видны во всех остальных транзакциях и не откатываются назад, если выполнившая их транзакция прерывается. См. Раздел 9.16 и Подраздел 8.1.4.

13.2.1. Уровень изоляции Read Committed

Read Committed — уровень изоляции транзакции, выбираемый в PostgreSQL по умолчанию. В транзакции, работающей на этом уровне, запрос SELECT (без предложения FOR UPDATE/SHARE) видит только те данные, которые были зафиксированы до начала запроса; он никогда не увидит незафиксированных данных или изменений, внесённых в процессе выполнения запроса параллельны-

ми транзакциями. По сути запрос `SELECT` видит снимок базы данных в момент начала выполнения запроса. Однако `SELECT` видит результаты изменений, внесённых ранее в этой же транзакции, даже если они ещё не зафиксированы. Также заметьте, что два последовательных оператора `SELECT` могут видеть разные данные даже в рамках одной транзакции, если какие-то другие транзакции зафиксируют изменения после запуска первого `SELECT`, но до запуска второго.

Команды `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` ведут себя подобно `SELECT` при поиске целевых строк: они найдут только те целевые строки, которые были зафиксированы на момент начала команды. Однако к моменту, когда они будут найдены, эти целевые строки могут быть уже изменены (а также удалены или заблокированы) другой параллельной транзакцией. В этом случае запланированное изменение будет отложено до фиксирования или отката первой изменяющей данные транзакции (если она ещё выполняется). Если первая изменяющая транзакция откатывается, её результат отбрасывается и вторая изменяющая транзакция может продолжить изменение изначально полученной строки. Если первая транзакция зафиксировалась, но в результате удалила эту строку, вторая будет игнорировать её, а в противном случае попытается выполнить свою операцию с изменённой версией строки. Условие поиска в команде (предложение `WHERE`) вычисляется повторно для выяснения, соответствует ли по-прежнему этому условию изменённая версия строки. Если да, вторая изменяющая транзакция продолжат свою работу с изменённой версией строки. Применительно к командам `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` это означает, что изменённая версия строки блокируется и возвращается клиенту.

Похожим образом ведёт себя `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`. В режиме `Read Committed` каждая строка, предлагаемая для добавления, будет либо вставлена, либо изменена. Если не возникнет несвязанных ошибок, гарантируется один из этих двух исходов. Если конфликт будет вызван другой транзакцией, результат которой ещё не видим для `INSERT`, предложение `UPDATE` подействует на эту строку, даже несмотря на то, что эта команда обычным образом может не видеть *никакую* версию этой строки.

При выполнении `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO NOTHING` строка может не добавиться в результате действия другой транзакции, эффект которой не виден в снимке команды `INSERT`. Это опять же имеет место только в режиме `Read Committed`.

Вследствие описанных выше правил, изменяющая команда может увидеть несогласованное состояние: она может видеть результаты параллельных команд, изменяющих те же строки, что пытается изменить она, но при этом она не видит результаты этих команд в других строках таблиц. Из-за этого поведения уровень `Read Committed` не подходит для команд со сложными условиями поиска; однако он вполне пригоден для простых случаев. Например, рассмотрим изменение баланса счёта в таких транзакциях:

```
BEGIN;  
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 12345;  
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 7534;  
COMMIT;
```

Если две такие транзакции пытаются параллельно изменить баланс счёта 12345, мы, естественно, хотим, чтобы вторая транзакция работала с изменённой версией строки счёта. Так как каждая команда влияет только на определённую строку, если она будет видеть изменённую версию строки, это не приведёт к проблемам несогласованности.

В более сложных ситуациях уровень `Read Committed` может приводить к нежелательным результатам. Например, рассмотрим команду `DELETE`, работающую со строками, которые параллельно добавляет и удаляет из множества, определённого её условием, другая команда. Например, предположим, что `website` — таблица из двух строк, в которых `website.hits` равны 9 и 10:

```
BEGIN;  
UPDATE website SET hits = hits + 1;  
-- выполняется параллельно: DELETE FROM website WHERE hits = 10;  
COMMIT;
```

Команда `DELETE` не сделает ничего, даже несмотря на то, что строка с `website.hits = 10` была в таблице и до, и после выполнения `UPDATE`. Это происходит потому, что строка со значением 9 до

изменения пропускается, а когда команда UPDATE завершается и DELETE получает освободившуюся блокировку, строка с 10 теперь содержит 11, а это значение уже не соответствует условию.

Так как в режиме Read Committed каждая команда начинается с нового снимка состояния, который включает результаты всех транзакций, зафиксированных к этому моменту, последующие команды в одной транзакции будут в любом случае видеть эффекты всех параллельных зафиксированных транзакций. Вопрос здесь состоит в том, видит ли *одна* команда абсолютно согласованное состояние базы данных.

Частичная изоляция транзакция, обеспечиваемая в режиме Read Committed, приемлема для множества приложений. Этот режим быстр и прост в использовании, однако он подходит не для всех случаев. Приложениям, выполняющим сложные запросы и изменения, могут потребоваться более строго согласованное представление данных, чем то, что даёт Read Committed.

13.2.2. Уровень изоляции Repeatable Read

В режиме *Repeatable Read* видны только те данные, которые были зафиксированы до начала транзакции, но не видны незафиксированные данные и изменения, произведённые другими транзакциями в процессе выполнения данной транзакции. (Однако запрос будет видеть эффекты предыдущих изменений в своей транзакции, несмотря на то, что они не зафиксированы.) Это самое строгое требование, которое стандарт SQL вводит для этого уровня изоляции, и при его выполнении предотвращаются все явления, описанные в Таблице 13.1, за исключением аномалий сериализации. Как было сказано выше, это не противоречит стандарту, так как он определяет только *минимальную* защиту, которая должна обеспечиваться на каждом уровне изоляции.

Этот уровень отличается от Read Committed тем, что запрос в транзакции данного уровня видит снимок данных на момент начала первого оператора в *транзакции* (не считая команд управления транзакциями), а не начала текущего оператора. Таким образом, последовательные команды SELECT в *одной* транзакции видят одни и те же данные; они не видят изменений, внесённых и зафиксированных другими транзакциями после начала их текущей транзакции.

Приложения, использующие этот уровень, должны быть готовы повторить транзакции в случае сбоев сериализации.

Команды UPDATE, DELETE, SELECT FOR UPDATE и SELECT FOR SHARE ведут себя подобно SELECT при поиске целевых строк: они найдут только те целевые строки, которые были зафиксированы на момент начала транзакции. Однако к моменту, когда они будут найдены, эти целевые строки могут быть уже изменены (а также удалены или заблокированы) другой параллельной транзакцией. В этом случае транзакция в режиме Repeatable Read будет ожидать фиксирования или отката первой изменяющей данные транзакции (если она ещё выполняется). Если первая изменяющая транзакция откатывается, её результат отбрасывается и текущая транзакция может продолжить изменение изначально полученной строки. Если же первая транзакция зафиксировалась и в результате изменила или удалила эту строку, а не просто заблокировала её, произойдёт откат текущей транзакции с сообщением

ОШИБКА: не удалось сериализовать доступ из-за параллельного изменения

так как транзакция уровня Repeatable Read не может изменять или блокировать строки, изменённые другими транзакциями с момента её начала.

Когда приложение получает это сообщение об ошибке, оно должна прервать текущую транзакцию и попытаться повторить её с самого начала. Во второй раз транзакция увидит внесённое до этого изменение как часть начального снимка базы данных, так что новая версия строки вполне может использоваться в качестве отправной точки для изменения в повторной транзакции.

Заметьте, что потребность в повторении транзакции может возникнуть, только если эта транзакция изменяет данные; в транзакциях, которые только читают данные, конфликтов сериализации не бывает.

Режим Repeatable Read строго гарантирует, что каждая транзакция видит полностью стабильное представление базы данных. Однако это представление не обязательно будет согласовано с неко-

торым последовательным выполнением транзакций одного уровня. Например, даже транзакция, которая только читает данные, в этом режиме может видеть строку, показывающую, что некоторое задание завершено, но не видеть одну из строк логических частей задания, так как эта транзакция может прочитать более раннюю версию строки задания, чем ту, для которой параллельно добавлялась очередная логическая часть. Строго исполнить бизнес-правила в транзакциях, работающих на этом уровне изоляции, скорее всего не удастся без явных блокировок конфликтующих транзакций.

Примечание

До версии 9.1 в PostgreSQL при запросе режима `Serializable` поведение системы в точности соответствовало вышеописанному. Таким образом, чтобы сейчас получить старое поведение `Serializable`, нужно запрашивать режим `Repeatable Read`.

13.2.3. Уровень изоляции `Serializable`

Уровень `Serializable` обеспечивает самую строгую изоляцию транзакций. На этом уровне моделируется последовательное выполнение всех зафиксированных транзакций, как если бы транзакции выполнялись одна за другой, последовательно, а не параллельно. Однако, как и на уровне `Repeatable Read`, на этом уровне приложения должны быть готовы повторять транзакции из-за сбоев сериализации. Фактически этот режим изоляции работает так же, как и `Repeatable Read`, только он дополнительно отслеживает условия, при которых результат параллельно выполняемых сериализуемых транзакций может не согласовываться с результатом этих же транзакций, выполняемых по очереди. Это отслеживание не приносит дополнительных препятствий для выполнения, кроме тех, что присущи режиму `Repeatable Read`, но тем не менее создаёт некоторую добавочную нагрузку, а при выявлении исключительных условий регистрируется *аномалия сериализации* и происходит *сбой сериализации*.

Например, рассмотрим таблицу `mytab`, изначально содержащую:

class	value
1	10
1	20
2	100
2	200

Предположим, что сериализуемая транзакция А вычисляет:

```
SELECT SUM(value) FROM mytab WHERE class = 1;
```

а затем вставляет результат (30) в поле `value` в новую строку со значением `class = 2`. В это же время сериализуемая транзакция В вычисляет:

```
SELECT SUM(value) FROM mytab WHERE class = 2;
```

получает результат 300 и вставляет его в новую строку со значением `class = 1`. Затем обе транзакции пытаются зафиксироваться. Если бы одна из этих транзакций работала в режиме `Repeatable Read`, зафиксироваться могли бы обе; но так как полученный результат не соответствовал бы последовательному порядку, в режиме `Serializable` будет зафиксирована только одна транзакция, а вторая закончится откатом с сообщением:

ОШИБКА: не удалось сериализовать доступ из-за зависимостей чтения/записи между транзакциями

Это объясняется тем, что при выполнении А перед В транзакция В вычислила бы сумму 330, а не 300, а при выполнении в обратном порядке А вычислила бы другую сумму.

Рассчитывая, что сериализуемые транзакции предотвратят аномалии, важно понимать, что любые данные, полученные из постоянной таблицы пользователя, не должны считаться действительными, пока транзакция, прочитавшая их, не будет успешно зафиксирована. Это верно даже для транзакций, не модифицирующих данные, за исключением случая, когда данные считываются в от-

кладываемой транзакции такого типа. В этом случае данные могут считаться действительными, так как такая транзакция ждёт, пока не сможет получить снимок, гарантированно предотвращающий подобные проблемы. Во всех остальных случаях приложения не должны полагаться на результаты чтения данных в транзакции, которая не была зафиксирована; в случае ошибки и отката приложения должны повторять транзакцию, пока она не будет завершена успешно.

Для полной гарантии сериализуемости в PostgreSQL применяются *предикатные блокировки*, то есть блокировки, позволяющие определить, когда запись могла бы повлиять на результат предыдущего чтения параллельной транзакции, если бы эта запись выполнялась сначала. В PostgreSQL эти блокировки не приводят к фактическим блокировкам данным и следовательно никоим образом не могут повлечь взаимоблокировки транзакций. Они помогают выявить и отметить зависимости между параллельными транзакциями уровня Serializable, которые в определённых сочетаниях могут приводить к аномалиям сериализации. Транзакции Read Committed или Repeatable Read для обеспечения целостности данных, напротив, должны либо блокировать таблицы целиком, что мешает пользователям обращаться к этим таблицам, либо применять SELECT FOR UPDATE или SELECT FOR SHARE, что не только заблокирует другие транзакции, но и создаст дополнительную нагрузку на диск.

Предикатные блокировки в PostgreSQL, как и в большинстве других СУБД, устанавливаются для данных, фактически используемых в транзакции. Они отображаются в системном представлении pg_locks со значением mode равным SReadLock. Какие именно блокировки будут затребованы при выполнении запроса, зависит от плана запроса, при этом детализированные блокировки (например, блокировки строк) могут объединяться в более общие (например, в блокировки страниц) в процессе транзакции для экономии памяти, расходуемой для отслеживания блокировок. Транзакция READ ONLY может даже освободить свои блокировки SRead до завершения, если обнаруживается, что конфликты, которые могли бы привести к аномалии сериализации, исключены. На самом деле для транзакций READ ONLY этот факт чаще всего устанавливается в самом начале, так что они обходятся без предикатных блокировок. Если же вы явно запросите транзакцию SERIALIZABLE READ ONLY DEFERRABLE, она будет заблокирована до тех пор, пока не сможет установить этот факт. (Это *единственный* случай, когда транзакции уровня Serializable блокируются, а транзакции Repeatable Read — нет.) С другой стороны, блокировки SRead часто должны сохраняться и после фиксации транзакции, пока не будут завершены другие, наложившиеся на неё транзакции.

При правильном использовании сериализуемые транзакции могут значительно упростить разработку приложений. Гарантия того, что любое сочетание успешно зафиксированных параллельных сериализуемых транзакций даст тот же результат, что и последовательность этих транзакций, выполненных по очереди, означает, что если вы уверены, что единственная транзакция определённого содержания работает правильно, когда она запускается отдельно, вы можете быть уверены, что она будет работать так же правильно в любом сочетании сериализуемых транзакций, вне зависимости от того, что они делают, либо же она не будет зафиксирована успешно. При этом важно, чтобы в среде, где применяется этот подход, была реализована общая обработка сбоя сериализации (которые можно определить по значению SQLSTATE '40001'), так как заведомо определить, какие именно транзакции могут стать жертвами зависимостей чтения/записи и не будут зафиксированы для предотвращения аномалий сериализации, обычно очень сложно. Отслеживание зависимостей чтения-записи неизбежно создаёт дополнительную нагрузку, как и перезапуск транзакций, не зафиксированных из-за сбоя сериализации, но если на другую чашу весов положить нагрузку и блокирование, связанные с применением явных блокировок и SELECT FOR UPDATE или SELECT FOR SHARE, использовать сериализуемые транзакции в ряде случаев окажется выгоднее.

Тогда как уровень изоляции транзакций Serializable в PostgreSQL позволяет фиксировать параллельные транзакции, только если есть уверенность, что тот же результат будет получен при последовательном их выполнении, он не всегда предотвращает ошибки, которые не возникли бы при действительно последовательном выполнении. В частности, можно столкнуться с нарушениями ограничений уникальности, вызванными наложением сериализуемых транзакций, даже после явной проверки отсутствия ключа перед добавлением его. Этого можно избежать, если все сериализуемые транзакции, добавляющие потенциально конфликтующие ключи, будут предварительно явно проверять, можно ли вставить ключ. Например, приложение, добавляющее новый ключ, может запрашивать его у пользователя и затем проверять, существует ли он, сначала пытаясь найти его, либо генерировать новый ключ, выбирая максимальное существующее значение и увеличивая

его на один. Если некоторые сериализуемые транзакции добавляют новые ключи сразу, не следуя этому протоколу, возможны нарушения ограничений уникальности, даже когда они не наблюдались бы при последовательном выполнении этих транзакций.

Применяя сериализуемые транзакции для управления конкурентным доступом, примите к сведению следующие рекомендации:

- Объявляйте транзакции как `READ ONLY`, если это отражает их суть.
- Управляйте числом активных подключений, при необходимости используя пул соединений. Это всегда полезно для увеличения производительности, но особенно важно это в загруженной системе с сериализуемыми транзакциями.
- Закрывайте в одну транзакцию не больше команд, чем необходимо для обеспечения целостности.
- Не оставляйте соединения «простаивающими в транзакции» дольше, чем необходимо. Для автоматического отключения затянувшихся транзакций можно применить параметр конфигурации `idle_in_transaction_session_timeout`.
- Исключите явные блокировки, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` там, где они не нужны благодаря защите, автоматически предоставляемой сериализуемыми транзакциями.
- Когда система вынуждена объединять предикатные блокировки уровня страницы в одну предикатную блокировку уровня таблицы из-за нехватки памяти, может возрасти частота сбоев сериализации. Избежать этого можно, увеличив параметр `max_pred_locks_per_transaction`, `max_pred_locks_per_relation` и/или `max_pred_locks_per_page`.
- Последовательное сканирование всегда влечёт за собой предикатную блокировку на уровне таблицы. Это приводит к увеличению сбоев сериализации. В таких ситуациях бывает полезно склонить систему к использованию индексов, уменьшая `random_page_cost` и/или увеличивая `cpu_tuple_cost`. Однако тут важно сопоставить выигрыш от уменьшения числа откатов и перезапусков транзакций с проигрышем от возможного менее эффективного выполнения запросов.

13.3. Явные блокировки

Для управления параллельным доступом к данным в таблицах PostgreSQL предоставляет несколько режимов явных блокировок. Эти режимы могут применяться для блокировки данных со стороны приложения в ситуациях, когда MVCC не даёт желаемый результат. Кроме того, большинство команд PostgreSQL автоматически получают блокировки соответствующих режимов, защищающие от удаления или изменения задействованных таблиц, несовместимого с характером выполняемой команды. (Например, `TRUNCATE` не может безопасно выполняться одновременно с другими операциями с этой таблицей, так что во избежание конфликта эта команда получает исключительную блокировку для данной таблицы.)

Список текущих активных блокировок на сервере можно получить, прочитав системное представление `pg_locks`. За дополнительными сведениями о наблюдении за состоянием менеджера блокировок обратитесь к Главе 28.

13.3.1. Блокировки на уровне таблицы

В приведённом ниже списке перечислены имеющиеся режимы блокировок и контексты, где их автоматически применяет PostgreSQL. Вы можете также явно запросить любую из этих блокировок с помощью команды `LOCK`. Помните, что все эти режимы работают на уровне таблицы, даже если имя режима содержит слово «row»; такие имена сложились исторически. В некоторой степени эти имена отражают типичное применение каждого режима блокировки, но смысл у всех один. Единственное, что действительно отличает один режим блокировки от другого, это набор режимов, с которыми конфликтует каждый из них (см. Таблицу 13.2). Две транзакции не могут одновременно владеть блокировками конфликтующих режимов для одной и той же таблицы. (Однако учтите, что транзакция никогда не конфликтует с собой. Например, она может запросить блокировку `ACCESS EXCLUSIVE`, а затем `ACCESS SHARE` для той же таблицы.) При этом разные транзакции свободно могут одновременно владеть блокировками неконфликтующих режимов. Заметьте, что некоторые режи-

мы блокировки конфликтуют сами с собой (например, блокировкой `ACCESS EXCLUSIVE` в один момент времени может владеть только одна транзакция), а некоторые — нет (например, блокировку `ACCESS SHARE` могут получить сразу несколько транзакций).

Режимы блокировок на уровне таблицы

`ACCESS SHARE`

Конфликтует только с режимом блокировки `ACCESS EXCLUSIVE`.

Команда `SELECT` получает такую блокировку для таблиц, на которые она ссылается. Вообще говоря, блокировку в этом режиме получает любой запрос, который только *читает* таблицу, но не меняет её данные.

`ROW SHARE`

Конфликтует с режимами блокировки `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`.

Команды `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` получают такую блокировку для своих целевых таблиц (помимо блокировок `ACCESS SHARE` для любых таблиц, которые используется в этих запросов, но не в предложении `FOR UPDATE/FOR SHARE`).

`ROW EXCLUSIVE`

Конфликтует с режимами блокировки `SHARE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`.

Команды `UPDATE`, `DELETE` и `INSERT` получают такую блокировку для целевой таблицы (в дополнение к блокировкам `ACCESS SHARE` для всех других задействованных таблиц). Вообще говоря, блокировку в этом режиме получает любая команда, которая *изменяет данные* в таблице.

`SHARE UPDATE EXCLUSIVE`

Конфликтует с режимами блокировки `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, `SHARE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`. Этот режим защищает таблицу от параллельного изменения схемы и запуска процесса `VACUUM`.

Запрашивается командами `VACUUM` (без `FULL`), `ANALYZE`, `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, `CREATE STATISTICS`, `ALTER TABLE VALIDATE` и другими видами `ALTER TABLE` (за подробностями обратитесь к `ALTER TABLE`).

`SHARE`

Конфликтует с режимами блокировки `ROW EXCLUSIVE`, `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`. Этот режим защищает таблицу от параллельного изменения данных.

Запрашивается командой `CREATE INDEX` (без параметра `CONCURRENTLY`).

`SHARE ROW EXCLUSIVE`

Конфликтует с режимами блокировки `ROW EXCLUSIVE`, `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, `SHARE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`. Этот режим защищает таблицу от параллельных изменений данных и при этом он является самоисключающим, так что такую блокировку может получить только один сеанс.

Запрашивается командой `CREATE COLLATION`, `CREATE TRIGGER` и многими формами `ALTER TABLE` (см. `ALTER TABLE`).

`EXCLUSIVE`

Конфликтует с режимами блокировки `ROW SHARE`, `ROW EXCLUSIVE`, `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, `SHARE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`. Этот режим совместим только с блокировкой `ACCESS SHARE`, то есть параллельно с транзакцией, получившей блокировку в этом режиме, допускается только чтение таблицы.

Запрашивается командой `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY`.

ACCESS EXCLUSIVE

Конфликтует со всеми режимами блокировки (`ACCESS SHARE`, `ROW SHARE`, `ROW EXCLUSIVE`, `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, `SHARE`, `SHARE ROW EXCLUSIVE`, `EXCLUSIVE` и `ACCESS EXCLUSIVE`). Этот режим гарантирует, что кроме транзакции, получившей эту блокировку, никакая другая транзакция не может обращаться к таблице каким-либо способом.

Запрашивается командами `DROP TABLE`, `TRUNCATE`, `REINDEX`, `CLUSTER`, `VACUUM FULL` и `REFRESH MATERIALIZED VIEW` (без `CONCURRENTLY`). Блокировку на этом уровне запрашивают также многие виды `ALTER TABLE`. В этом режиме по умолчанию запрашивают блокировку и операторы `LOCK TABLE`, если явно не выбран другой режим.

Подсказка

Только блокировка `ACCESS EXCLUSIVE` блокирует оператор `SELECT` (без `FOR UPDATE/SHARE`).

Полученная транзакцией блокировка обычно сохраняется до конца транзакции. Но если блокировка получена после установки точки сохранения, она освобождается немедленно в случае отката к этой точке. Это согласуется с принципом действия `ROLLBACK` — эта команда отменяет эффекты всех команд после точки сохранения. То же справедливо и для блокировок, полученных в блоке исключений PL/pgSQL: при выходе из блока с ошибкой такие блокировки освобождаются.

Таблица 13.2. Конфликтующие режимы блокировки

Запрашиваемый режим блокировки	Текущий режим блокировки							
	ACCESS SHARE	ROW SHARE	ROW EXCLUSIVE	SHARE UPDATE EXCLUSIVE	SHARE	SHARE ROW EXCLUSIVE	EXCLUSIVE	ACCESS EXCLUSIVE
ACCESS SHARE								X
ROW SHARE							X	X
ROW EXCLUSIVE					X	X	X	X
SHARE UPDATE EXCLUSIVE				X	X	X	X	X
SHARE			X	X		X	X	X
SHARE ROW EXCLUSIVE			X	X	X	X	X	X
EXCLUSIVE		X	X	X	X	X	X	X
ACCESS EXCLUSIVE	X	X	X	X	X	X	X	X

13.3.2. Блокировки на уровне строк

В дополнение к блокировкам на уровне таблицы, существуют блокировки на уровне строк, перечисленные ниже с контекстами, где PostgreSQL применяет их по умолчанию. Полный перечень конфликтов блокировок на уровне строк приведён в Таблице 13.3. Заметьте, что одна транзакция

может владеть несколькими конфликтующими блокировками одной строки, даже в разных подтранзакциях; но две разных транзакции никогда не получают конфликтующие блокировки одной и той же строки. Блокировки на уровне строк блокируют только запись в определённые строки, но никак не влияют на выборку.

Режимы блокировки на уровне строк

FOR UPDATE

В режиме `FOR UPDATE` строки, выданные оператором `SELECT`, блокируются как для изменения. При этом они защищаются от блокировки, изменения и удаления другими транзакциями до завершения текущей. То есть другие транзакции, пытающиеся выполнить `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE`, `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` или `SELECT FOR KEY SHARE` с этими строками, будут заблокированы до завершения текущей транзакции; и наоборот, команда `SELECT FOR UPDATE` будет ожидать окончания параллельной транзакции, в которой выполнялась одна из этих команд с той же строкой, а затем установит блокировку и вернёт изменённую строку (или не вернёт, если она была удалена). Однако в транзакции `REPEATABLE READ` или `SERIALIZABLE` возникнет ошибка, если блокируемая строка изменилась с момента начала транзакции. Подробнее это обсуждается в Разделе 13.4.

Режим блокировки `FOR UPDATE` также запрашивается на уровне строки любой командой `DELETE` и командой `UPDATE`, изменяющей значения определённых столбцов. В настоящее время блокировка с `UPDATE` касается столбцов, по которым создан уникальный индекс, применимый в качестве внешнего ключа (так что на частичные индексы и индексы выражений это не распространяется), но в будущем это может поменяться.

FOR NO KEY UPDATE

Действует подобно `FOR UPDATE`, но запрашиваемая в этом режиме блокировка слабее: она не будет блокировать команды `SELECT FOR KEY SHARE`, пытающиеся получить блокировку тех же строк. Этот режим блокировки также запрашивается любой командой `UPDATE`, которая не требует блокировки `FOR UPDATE`.

FOR SHARE

Действует подобно `FOR NO KEY UPDATE`, за исключением того, что для каждой из полученных строк запрашивается разделяемая, а не исключительная блокировка. Разделяемая блокировка не позволяет другим транзакциям выполнять с этими строками `UPDATE`, `DELETE`, `SELECT FOR UPDATE` или `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, но допускает `SELECT FOR SHARE` и `SELECT FOR KEY SHARE`.

FOR KEY SHARE

Действует подобно `FOR SHARE`, но устанавливает более слабую блокировку: блокируется `SELECT FOR UPDATE`, но не `SELECT FOR NO KEY UPDATE`. Блокировка разделяемого ключа не позволяет другим транзакциям выполнять команды `DELETE` и `UPDATE`, только если они меняют значение ключа (но не другие `UPDATE`), и при этом допускает выполнение команд `SELECT FOR NO KEY UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` и `SELECT FOR KEY SHARE`.

PostgreSQL не держит информацию об изменённых строках в памяти, так что никаких ограничений на число блокируемых строк нет. Однако блокировка строки может повлечь запись на диск, например, если `SELECT FOR UPDATE` изменяет выбранные строки, чтобы заблокировать их, при этом происходит запись на диск.

Таблица 13.3. Конфликтующие блокировки на уровне строк

Запрашиваемый режим блокировки	Текущий режим блокировки			
	FOR KEY SHARE	FOR SHARE	FOR NO KEY UPDATE	FOR UPDATE
FOR KEY SHARE				X
FOR SHARE			X	X

Запрашиваемый режим блокировки	Текущий режим блокировки			
	FOR KEY SHARE	FOR SHARE	FOR NO KEY UPDATE	FOR UPDATE
FOR NO KEY UPDATE		X	X	X
FOR UPDATE	X	X	X	X

13.3.3. Блокировки на уровне страниц

В дополнение к блокировкам на уровне таблицы и строк, для управления доступом к страницам таблиц в общих буферах используются блокировки на уровне страниц, исключительные и разделяемые. Эти блокировки освобождаются немедленно после выборки или изменения строк. Разработчикам приложений обычно можно не задумываться о блокировках страниц, здесь они упоминаются только для полноты картины.

13.3.4. Взаимоблокировки

Частое применение явных блокировок может увеличить вероятность *взаимоблокировок*, то есть ситуаций, когда две (или более) транзакций держат блокировки так, что взаимно блокируют друг друга. Например, если транзакция 1 получает исключительную блокировку таблицы А, а затем пытается получить исключительную блокировку таблицы В, которую до этого получила транзакция 2, в данный момент требующая исключительную блокировку таблицы А, ни одна из транзакций не сможет продолжить работу. PostgreSQL автоматически выявляет такие ситуации и разрешает их, прерывая одну из сцепившихся транзакций и тем самым позволяя другой (другим) продолжить работу. (Какая именно транзакция будет прервана, обычно сложно предсказать, так что рассчитывать на определённое поведение не следует.)

Заметьте, что взаимоблокировки могут вызываться и блокировками на уровне строк (таким образом, они возможны, даже если не применяются явные блокировки). Рассмотрим случай, когда две параллельных транзакции изменяют таблицу. Первая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 11111;
```

При этом она получает блокировку строки с указанным номером счёта. Затем вторая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance + 100.00 WHERE acctnum = 22222;
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 11111;
```

Первый оператор UPDATE успешно получает блокировку указанной строки и изменяет данные в ней. Однако второй оператор UPDATE обнаруживает, что строка, которую он пытается изменить, уже заблокирована, так что он ждёт завершения транзакции, получившей блокировку. Таким образом, вторая транзакция сможет продолжиться только после завершения первой. Теперь первая транзакция выполняет:

```
UPDATE accounts SET balance = balance - 100.00 WHERE acctnum = 22222;
```

Первая транзакция пытается получить блокировку заданной строки, но ей это не удаётся: эта блокировка уже принадлежит второй транзакции. Поэтому первой транзакции остаётся только ждать завершения второй. В результате первая транзакция блокируется второй, а вторая — первой: происходит взаимоблокировка. PostgreSQL выявляет эту ситуацию и прерывает одну из транзакций.

Обычно лучший способ предотвращения взаимоблокировок — добиться, чтобы все приложения, обращающиеся к базе данных, запрашивали блокировки нескольких объектов единообразно. В данном примере, если бы обе транзакции изменяли строки в одном порядке, взаимоблокировка бы не произошла. Блокировки в транзакции следует упорядочивать так, чтобы первой для какого-либо объекта запрашивалась наиболее ограничивающая из тех, которые для него потребуются. Если заранее обеспечить такой порядок нельзя, взаимоблокировки можно обработать по факту, повторяя прерванные транзакции.

Если ситуация взаимоблокировки не будет выявлена, транзакция, ожидающая блокировки на уровне таблицы или строки, будет ждать её освобождения неограниченное время. Это означает, что

приложения не должны оставлять транзакции открытыми долгое время (например, ожидая ввода пользователя).

13.3.5. Рекомендательные блокировки

PostgreSQL также имеет средства создания блокировок, смысл которых определяют сами приложения. Такие блокировки называются *рекомендательными*, так как система не форсирует их использование — правильно их использовать должно само приложение. Рекомендательные блокировки бывают полезны для реализаций стратегий блокирования, плохо вписывающихся в модель MVCC. Например, рекомендательные блокировки часто применяются для исполнения стратегии пессимистичной блокировки, типичной для систем управления данными «плоский файл». Хотя для этого можно использовать и дополнительные флаги в таблицах, рекомендательные блокировки работают быстрее, не нагружают таблицы и автоматически ликвидируются сервером в конце сеанса.

В PostgreSQL есть два варианта получить рекомендательные блокировки: на уровне сеанса и на уровне транзакции. Рекомендательная блокировка, полученная на уровне сеанса, удерживается, пока она не будет явно освобождена, или до конца сеанса. В отличие от стандартных рекомендательные блокировки уровня сеанса нарушают логику транзакций — блокировка, полученная в транзакции, даже если произойдёт откат этой транзакции, будет сохраняться в сеансе; аналогично, освобождение блокировки остаётся в силе, даже если транзакция, в которой оно было выполнено, позже прерывается. Вызывающий процесс может запросить блокировку несколько раз; при этом каждому запросу блокировки должен соответствовать запрос освобождения, чтобы она была действительно освобождена. Рекомендательные блокировки на уровне транзакций, напротив, во многом похожи на обычные блокировки: они автоматически освобождаются в конце транзакций и не требуют явного освобождения. Для кратковременного применения блокировок это поведение часто более уместно, чем поведение рекомендательных блокировок на уровне сеанса. Запросы рекомендательных блокировок одного идентификатора на уровне сеанса и на уровне транзакции будут блокировать друг друга вполне предсказуемым образом. Если сеанс уже владеет данной рекомендуемой блокировкой, дополнительные запросы её в том же сеансе будут всегда успешны, даже если её ожидают другие сеансы. Это утверждение справедливо вне зависимости от того, на каком уровне (сеанса или транзакции) установлены или запрашиваются новые блокировки.

Как и остальные блокировки в PostgreSQL, все рекомендательные блокировки, связанные с любыми сеансами, можно просмотреть в системном представлении `pg_locks`.

И рекомендательные, и обычные блокировки сохраняются в области общей памяти, размер которой определяется параметрами конфигурации `max_locks_per_transaction` и `max_connections`. Важно, чтобы этой памяти было достаточно, так как в противном случае сервер не сможет выдать никакую блокировку. Таким образом, число рекомендуемых блокировок, которые может выдать сервер, ограничивается обычно десятками или сотнями тысяч в зависимости от конфигурации сервера.

В определённых случаях при использовании рекомендательных блокировок, особенно в запросах с явными указаниями `ORDER BY` и `LIMIT`, важно учитывать, что получаемые блокировки могут зависеть от порядка вычисления SQL-выражений. Например:

```
SELECT pg_advisory_lock(id) FROM foo WHERE id = 12345; -- ok
SELECT pg_advisory_lock(id) FROM foo WHERE id > 12345 LIMIT 100; -- опасно!
SELECT pg_advisory_lock(q.id) FROM
(
  SELECT id FROM foo WHERE id > 12345 LIMIT 100
) q; -- ok
```

В этом примере второй вариант опасен, так как `LIMIT` не обязательно будет применяться перед вызовом функции блокировки. В результате приложение может получить блокировки, на которые оно не рассчитывает и которые оно не сможет освободить (до завершения сеанса). С точки зрения приложения такие блокировки окажутся в подвешенном состоянии, хотя они и будут отображаться в `pg_locks`.

Функции, предназначенные для работы с рекомендательными блокировками, описаны в Подразделе 9.26.10.

13.4. Проверки целостности данных на уровне приложения

Используя транзакции Read Committed, очень сложно обеспечить целостность данных с точки зрения бизнес-логики, так как представление данных смещается с каждым оператором и даже один оператор может не ограничиваться своим снимком состояния в случае конфликта записи.

Хотя транзакция Repeatable Read получает стабильное представление данных в процессе выполнения, с использованием снимков MVCC для проверки целостности данных всё же связаны тонкие моменты, включая так называемые *конфликты чтения/записи*. Если одна транзакция записывает данные, а другая в это же время пытается их прочесть (до или после записи), она не может увидеть результат работы первой. В таком случае создаётся впечатление, что читающая транзакция выполняется первой вне зависимости от того, какая из них была начата или зафиксирована раньше. Если этим всё и ограничивается, нет никаких проблем, но если читающая транзакция также пишет данные, которые читает параллельная транзакция, получается, что теперь эта транзакция будет исполняться, как будто она запущена перед другими вышеупомянутыми. Если же транзакция, которая должна исполняться как последняя, на самом деле зафиксирована первой, в графе упорядоченных транзакций легко может возникнуть цикл. И когда он возникает, проверки целостности не будут работать правильно без дополнительных мер.

Как было сказано в Подразделе 13.2.3, сериализуемые транзакции представляют собой те же транзакции Repeatable Read, но дополненные неблокирующим механизмом отслеживания опасных условий конфликтов чтения/записи. Когда выявляется условие, приводящее к циклу в порядке транзакций, одна из этих транзакций откатывается и этот цикл таким образом разрывается.

13.4.1. Обеспечение согласованности в сериализуемых транзакциях

Если для всех операций чтения и записи, нуждающихся в согласованном представлении данных, используются транзакции уровня изоляции Serializable, это обеспечивает необходимую согласованность без дополнительных усилий. Приложения из других окружений, применяющие сериализуемые транзакции для обеспечения целостности, в PostgreSQL в этом смысле будут «просто работать».

Применение этого подхода избавляет программистов приложений от лишних сложностей, если приложение использует инфраструктуру, которая автоматически повторяет транзакции в случае отката из-за сбоев сериализации. Возможно, `serializable` стоит даже установить в качестве уровня изоляции по умолчанию (`default_transaction_isolation`). Также имеет смысл принять меры для предотвращения использования других уровней изоляции, непреднамеренного или с целью обойти проверки целостности, например проверять уровень изоляции в триггерах.

Рекомендации по увеличению быстродействия приведены в Подразделе 13.2.3.

Предупреждение

Защита целостности с применением сериализуемых транзакций пока ещё не поддерживается в режиме горячего резерва (Раздел 26.5). Поэтому там, где применяется горячий резерв, следует использовать уровень Repeatable Read и явные блокировки на главном сервере.

13.4.2. Применение явных блокировок для обеспечения согласованности

Когда возможны несериализуемые операции записи, для обеспечения целостности строк и защиты от одновременных изменений, следует использовать `SELECT FOR UPDATE`, `SELECT FOR SHARE` или соответствующий оператор `LOCK TABLE`. (`SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE` защищают

от параллельных изменений только возвращаемые строки, тогда как `LOCK TABLE` блокирует всю таблицу.) Это следует учитывать, перенося в PostgreSQL приложения из других СУБД.

Мигрируя в PostgreSQL из других СУБД также следует учитывать, что команда `SELECT FOR UPDATE` сама по себе не гарантирует, что параллельная транзакция не изменит или не удалит выбранную строку. Для получения такой гарантии в PostgreSQL нужно именно изменить эту строку, даже если никакие значения в ней менять не требуется. `SELECT FOR UPDATE` временно блокирует другие транзакции, не давая им получить ту же блокировку или выполнить команды `UPDATE` или `DELETE`, которые бы повлияли на заблокированную строку, но как только транзакция, владеющая этой блокировкой, фиксируется или откатывается, заблокированная транзакция сможет выполнить конфликтующую операцию, если только для данной строки действительно не был выполнен `UPDATE`, пока транзакция владела блокировкой.

Реализация глобальной целостности с использованием несериализуемых транзакций MVCC требует более вдумчивого подхода. Например, банковскому приложению может потребоваться проверить, равняется ли сумма всех расходов в одной таблице сумме доходов в другой, при том, что обе таблицы активно изменяются. Просто сравнивать результаты двух успешных последовательных команд `SELECT sum(...)` в режиме `Read Committed` нельзя, так как вторая команда может захватить результаты транзакций, пропущенных первой. Подсчитывая суммы в одной транзакции `Repeatable Read`, можно получить точную картину только для транзакций, которые были зафиксированы до начала данной, но при этом может возникнуть законный вопрос — будет ли этот результат актуален тогда, когда он будет выдан. Если транзакция `Repeatable Read` сама вносит какие-то изменения, прежде чем проверять равенство сумм, полезность этой проверки становится ещё более сомнительной, так как при проверке будут учитываться некоторые, но не все изменения, произошедшие после начала транзакции. В таких случаях предусмотрительный разработчик может заблокировать все таблицы, задействованные в проверке, чтобы получить картину действительности, не вызывающую сомнений. Для этого применяется блокировка `SHARE` (или более строгая), которая гарантирует, что в заблокированной таблице не будет незафиксированных изменений, за исключением тех, что внесла текущая транзакция.

Также заметьте, что, применяя явные блокировки для предотвращения параллельных операций записи, следует использовать либо режим `Read Committed`, либо в режиме `Repeatable Read` обязательно получать блокировки прежде, чем выполнять запросы. Блокировка, получаемая транзакцией `Repeatable Read`, гарантирует, что никакая другая транзакция, изменяющая таблицу, не выполняется, но если снимок состояния, полученный транзакцией, предшествует блокировке, он может не включать на данный момент уже зафиксированные изменения. Снимок состояния в транзакции `Repeatable Read` создаётся фактически на момент начала первой команды выборки или изменения данных (`SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`), так что получить явные блокировки можно до того, как он будет сформирован.

13.5. Ограничения

Некоторые команды DDL, в настоящее время это `TRUNCATE` и формы `ALTER TABLE`, перезаписывающие таблицу, не являются безопасными с точки зрения MVCC. Это значит, что после фиксации усечения или перезаписи таблица окажется пустой для всех параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным перед фиксацией такой команды DDL. Это может проявиться только в транзакции, которая не обращалась к таблице до момента начала команды DDL — любая транзакция, которая обращалась к ней раньше, получила бы как минимум блокировку `ACCESS SHARE`, которая заблокировала бы эту команду DDL до завершения транзакции. Поэтому такие команды не приводят ни к каким видимым несоответствиям с содержимым таблицы при последовательных запросах к целевой таблице, хотя возможно видимое несоответствие между содержимым целевой таблицы и другими таблицами в базе данных.

Поддержка уровня изоляции `Serializable` ещё не реализована для целевых серверов горячего резерва (они описываются в Разделе 26.5). На данный момент самый строгий уровень изоляции, поддерживаемый в режиме горячего резерва, это `Repeatable Read`. Хотя и тогда, когда главный сервер выполняет запись в транзакциях `Serializable`, все резервные серверы в итоге достигают согласованного состояния, но транзакция `Repeatable Read` на резервном сервере иногда может увидеть

промежуточное состояние, не соответствующее результату последовательного выполнения транзакций на главном сервере.

13.6. Блокировки и индексы

Хотя PostgreSQL обеспечивает неблокирующий доступ на чтение/запись к данным таблиц, для индексов в настоящий момент это поддерживается не в полной мере. PostgreSQL управляет доступом к различным типам индексов следующим образом:

Индексы типа В-дерево, GiST и SP-GiST

Для управления чтением/записью используются кратковременные блокировки на уровне страницы, исключительные и разделяемые. Блокировки освобождаются сразу после извлечения или добавления строки индекса. Эти типы индексов обеспечивают максимальное распараллеливание операций, не допуская взаимоблокировок.

Хеш-индексы

Для управления чтением/записью используются блокировки на уровне групп хеша. Блокировки освобождаются после обработки всей группы. Такие блокировки с точки зрения распараллеливания лучше, чем блокировки на уровне индекса, но не исключают взаимоблокировок, так как они сохраняются дольше, чем выполняется одна операция с индексом.

Индексы GIN

Для управления чтением/записью используются кратковременные блокировки на уровне страницы, исключительные и разделяемые. Блокировки освобождаются сразу после извлечения или добавления строки индекса. Но заметьте, что добавление значения в поле с GIN-индексом обычно влечёт добавление нескольких ключей индекса, так что GIN может проделывать целый ряд операций для одного значения.

В настоящее время в многопоточной среде наиболее производительны индексы В-дерева; и так как они более функциональны, чем хеш-индексы, их рекомендуется использовать в такой среде для приложений, когда нужно индексировать скалярные данные. Если же нужно индексировать не скалярные данные, В-дерева не подходят, и вместо них следует использовать индексы GiST, SP-GiST или GIN.

Глава 14. Оптимизация производительности

Быстродействие запросов зависит от многих факторов. На некоторые из них могут воздействовать пользователи, а другие являются фундаментальными особенностями системы. В этой главе приводятся полезные советы, которые помогут понять их и оптимизировать производительность PostgreSQL.

14.1. Использование EXPLAIN

Выполняя любой полученный запрос, PostgreSQL разрабатывает для него *план запроса*. Выбор правильного плана, соответствующего структуре запроса и характеристикам данным, крайне важен для хорошей производительности, поэтому в системе работает сложный *планировщик*, задача которого — подобрать хороший план. Узнать, какой план был выбран для какого-либо запроса, можно с помощью команды EXPLAIN. Понимание плана — это искусство, и чтобы овладеть им, нужен определённый опыт, но этот раздел расскажет о самых простых вещах.

Приведённые ниже примеры показаны на тестовой базе данных, которая создаётся для выявления регрессий в исходных кодах PostgreSQL текущей версии. Для неё предварительно выполняется VACUUM ANALYZE. Вы должны получить похожие результаты, если возьмёте ту же базу данных и проделаете следующие действия, но примерная стоимость и ожидаемое число строк у вас может немного отличаться из-за того, что статистика команды ANALYZE рассчитывается по случайной выборке, а оценки стоимости зависят от конкретной платформы.

В этих примерах используется текстовый формат вывода EXPLAIN, принятый по умолчанию, как более компактный и удобный для восприятия человеком. Если вывод EXPLAIN нужно передать какой-либо программе для дальнейшего анализа, лучше использовать один из машинно-ориентированных форматов (XML, JSON или YAML).

14.1.1. Азы EXPLAIN

Структура плана запроса представляет собой дерево *узлов плана*. Узлы на нижнем уровне дерева — это узлы сканирования, которые возвращают необработанные данные таблицы. Разным типам доступа к таблице соответствуют разные узлы: последовательное сканирование, сканирование индекса и сканирование битовой карты. Источниками строк могут быть не только таблицы, но и например, предложения VALUES и функции, возвращающие множества во FROM, и они представляются отдельными типами узлов сканирования. Если запрос требует объединения, агрегатных вычислений, сортировки или других операций с исходными строками, над узлами сканирования появляются узлы, обозначающие эти операции. И так как обычно операции могут выполняться разными способами, на этом уровне тоже могут быть узлы разных типов. В выводе команды EXPLAIN для каждого узла в дереве плана отводится одна строка, где показывается базовый тип узла плюс оценка стоимости выполнения данного узла, которую сделал для него планировщик. Если для узла выводятся дополнительные свойства, в вывод могут добавляться дополнительные строки, с отступом от основной информации узла. В самой первой строке (основной строке самого верхнего узла) выводится общая стоимость выполнения для всего плана; именно это значение планировщик старается минимизировать.

Взгляните на следующий простейший пример, просто иллюстрирующий формат вывода:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;
```

```
QUERY PLAN
```

```
-----  
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Этот запрос не содержит предложения WHERE, поэтому он должен просканировать все строки таблицы, так что планировщик выбрал план простого последовательного сканирования. Числа, перечисленные в скобках (слева направо), имеют следующий смысл:

- Приблизительная стоимость запуска. Это время, которое проходит, прежде чем начнётся этап вывода данных, например для сортирующего узла это время сортировки.
- Приблизительная общая стоимость. Она вычисляется в предположении, что узел плана выполняется до конца, то есть возвращает все доступные строки. На практике родительский узел может досрочно прекратить чтение строк дочернего (см. приведённый ниже пример с LIMIT).
- Ожидаемое число строк, которое должен вывести этот узел плана. При этом так же предполагается, что узел выполняется до конца.
- Ожидаемый средний размер строк, выводимых этим узлом плана (в байтах).

Стоимость может измеряться в произвольных единицах, определяемых параметрами планировщика (см. Подраздел 19.7.2). Традиционно единицей стоимости считается операция чтения страницы с диска; то есть `seq_page_cost` обычно равен 1.0, а другие параметры задаются относительно него. Примеры в этом разделе выполняются со стандартными параметрами стоимости.

Важно понимать, что стоимость узла верхнего уровня включает стоимость всех его потомков. Также важно осознавать, что эта стоимость отражает только те факторы, которые учитывает планировщик. В частности, она не зависит от времени, необходимого для передачи результирующих строк клиенту, хотя оно может составлять значительную часть общего времени выполнения запроса. Тем не менее планировщик игнорирует эту величину, так как он всё равно не сможет изменить её, выбрав другой план. (Мы верим в то, что любой правильный план запроса выдаёт один и тот же набор строк.)

Значение `rows` здесь имеет особенность — оно выражает не число строк, обработанных или просканированных узлом плана, а число строк, выданных этим узлом. Часто оно окажется меньше числа просканированных строк в результате применённой к узлу фильтрации по условиям `WHERE`. В идеале, на верхнем уровне это значение будет приблизительно равно числу строк, которое фактически возвращает, изменяет или удаляет запрос.

Возвращаясь к нашему примеру:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;
```

QUERY PLAN

```
-----
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Эти числа получаются очень просто. Выполните:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 'tenk1';
```

и вы увидите, что `tenk1` содержит 358 страниц диска и 10000 строк. Общая стоимость вычисляется как $(\text{число\_чтений\_диска} * \text{seq\_page\_cost}) + (\text{число\_просканированных\_строк} * \text{cpu\_tuple\_cost})$. По умолчанию, `seq_page_cost` равно 1.0, а `cpu_tuple_cost` — 0.01, так что приблизительная стоимость запроса равна $(358 * 1.0) + (10000 * 0.01) = 458$.

Теперь давайте изменим запрос, добавив в него предложение `WHERE`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 7000;
```

QUERY PLAN

```
-----
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=7001 width=244)
  Filter: (unique1 < 7000)
```

Заметьте, что в выводе `EXPLAIN` показано, что условие `WHERE` применено как «фильтр» к узлу плана `Seq Scan` (Последовательное сканирование). Это означает, что узел плана проверяет это условие для каждого просканированного им узла и выводит только те строки, которые удовлетворяют ему. Предложение `WHERE` повлияло на оценку числа выходных строк. Однако при сканировании потре-

буется прочитать все 10000 строк, поэтому общая стоимость не уменьшилась. На деле она даже немного увеличилась (на $10000 * \text{cpu\_operator\_cost}$, если быть точными), отражая дополнительное время, которое потребуется процессору на проверку условия WHERE.

Фактическое число строк результата этого запроса будет равно 7000, но значение rows даёт только приблизительное значение. Если вы попытаетесь повторить этот эксперимент, вы можете получить немного другую оценку; более того, она может меняться после каждой команды ANALYZE, так как ANALYZE получает статистику по случайной выборке таблицы.

Теперь давайте сделаем ограничение более избирательным:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100;
```

QUERY PLAN

```
-----
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
  Recheck Cond: (unique1 < 100)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1
          (cost=0.00..5.01 rows=101 width=0)
        Index Cond: (unique1 < 100)
```

В данном случае планировщик решил использовать план из двух этапов: сначала дочерний узел плана просматривает индекс и находит в нём адреса строк, соответствующих условию индекса, а затем верхний узел собственно выбирает эти строки из таблицы. Выбирать строки по отдельности гораздо дороже, чем просто читать их последовательно, но так как читать придётся не все страницы таблицы, это всё равно будет дешевле, чем сканировать всю таблицу. (Использование двух уровней плана объясняется тем, что верхний узел сортирует адреса строк, выбранных из индекса, в физическом порядке, прежде чем читать, чтобы снизить стоимость отдельных чтений. Слово «bitmap» (битовая карта) в имени узла обозначает механизм, выполняющий сортировку.)

Теперь давайте добавим ещё одно условие в предложение WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND stringu1 = 'xxx';
```

QUERY PLAN

```
-----
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.01..229.40 rows=1 width=244)
  Recheck Cond: (unique1 < 100)
  Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1
          (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
        Index Cond: (unique1 < 100)
```

Добавленное условие stringu1 = 'xxx' уменьшает оценку числа результирующих строк, но не стоимость запроса, так как просматриваться будет тот же набор строк, что и раньше. Заметьте, что условие на stringu1 не добавляется в качестве условия индекса, так как индекс построен только по столбцу unique1. Вместо этого оно применяется как фильтр к строкам, полученным по индексу. В результате стоимость даже немного увеличилась, отражая добавление этой проверки.

В некоторых случаях планировщик предпочтёт «простой» план сканирования индекса:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = 42;
```

QUERY PLAN

```
-----
Index Scan using tenk1_unique1 on tenk1 (cost=0.29..8.30 rows=1 width=244)
  Index Cond: (unique1 = 42)
```

В плане такого типа строки таблицы выбираются в порядке индекса, в результате чего чтение их обходится дороже, но так как их немного, дополнительно сортировать положения строк не стоит. Вы часто будете встречать этот тип плана в запросах, которые выбирают всего одну строку. Также

он часто задействуется там, где условие `ORDER BY` соответствует порядку индекса, так как в этих случаях для выполнения `ORDER BY` не требуется дополнительный шаг сортировки.

Если в таблице есть отдельные индексы по разным столбцам, фигурирующим в `WHERE`, планировщик может выбрать сочетание этих индексов (с `AND` и `OR`):

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000;
```

QUERY PLAN

```
-----
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=25.08..60.21 rows=10 width=244)
  Recheck Cond: ((unique1 < 100) AND (unique2 > 9000))
  -> BitmapAnd  (cost=25.08..25.08 rows=10 width=0)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
        Index Cond: (unique1 < 100)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique2  (cost=0.00..19.78 rows=999 width=0)
        Index Cond: (unique2 > 9000)
```

Но для этого потребуется обойти оба индекса, так что это не обязательно будет выгоднее, чем просто просмотреть один индекс, а второе условие обработать как фильтр. Измените диапазон и вы увидите, как это повлияет на план.

Следующий пример иллюстрирует эффекты `LIMIT`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000 LIMIT 2;
```

QUERY PLAN

```
-----
Limit  (cost=0.29..14.48 rows=2 width=244)
  -> Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1  (cost=0.29..71.27 rows=10 width=244)
      Index Cond: (unique2 > 9000)
      Filter: (unique1 < 100)
```

Это тот же запрос, что и раньше, но добавили мы в него `LIMIT`, чтобы возвращались не все строки, и планировщик решает выполнять запрос по-другому. Заметьте, что общая стоимость и число строк для узла `Index Scan` рассчитываются в предположении, что он будет выполняться полностью. Однако узел `Limit` должен остановиться, получив только пятую часть всех строк, так что его стоимость будет составлять одну пятую от вычисленной ранее, и это и будет итоговой оценкой стоимости запроса. С другой стороны, планировщик мог бы просто добавить в предыдущий план узел `Limit`, но это не избавило бы от затрат на запуск сканирования битовой карты, а значит, общая стоимость была бы выше 25 единиц.

Давайте попробуем соединить две таблицы по столбцам, которые мы уже использовали:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t1.unique2 = t2.unique2;
```

QUERY PLAN

```
-----
Nested Loop  (cost=4.65..118.62 rows=10 width=488)
  -> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244)
      Recheck Cond: (unique1 < 10)
      -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
          Index Cond: (unique1 < 10)
  -> Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.29..7.91 rows=1 width=244)
      Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
```

В этом плане появляется узел соединения с вложенным циклом, на вход которому поступают данные от двух его потомков, узлов сканирования. Эту структуру плана отражает отступ основных

строк его узлов. Первый, или «внешний», потомок соединения — узел сканирования битовой карты, похожий на те, что мы видели раньше. Его стоимость и число строк те же, что мы получили бы для запроса `SELECT ... WHERE unique1 < 10`, так как к этому узлу добавлено предложение `WHERE unique1 < 10`. Условие `t1.unique2 = t2.unique2` ещё не учитывается, поэтому оно не влияет на число строк узла внешнего сканирования. Узел соединения с вложенным циклом будет выполнять узел «внутреннего» потомка для каждой строки, полученной из внешнего потомка. Значения столбцов из текущей внешней строки могут использоваться во внутреннем сканировании (в данном случае это значение `t1.unique2`), поэтому мы получаем план и стоимость примерно такие, как и раньше для простого запроса `SELECT ... WHERE t2.unique2 = константа`. (На самом деле оценочная стоимость немного меньше, в предположении, что при неоднократном сканировании индекса по `t2` положительную роль сыграет кеширование.) В результате стоимость узла цикла складывается из стоимости внешнего сканирования, цены внутреннего сканирования, умноженной на число строк (здесь $10 * 7.91$), и небольшой наценки за обработку соединения.

В этом примере число выходных строк соединения равно произведению чисел строк двух узлов сканирования, но это не всегда будет так, потому что в дополнительных условиях `WHERE` могут упоминаться обе таблицы, так что применить их можно будет только в точке соединения, а не в одном из узлов сканирования. Например:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t2.unique2 < 10 AND t1.hundred < t2.hundred;
```

QUERY PLAN

```
-----
Nested Loop  (cost=4.65..49.46 rows=33 width=488)
  Join Filter: (t1.hundred < t2.hundred)
    -> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244)
        Recheck Cond: (unique1 < 10)
        -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
            Index Cond: (unique1 < 10)
    -> Materialize  (cost=0.29..8.51 rows=10 width=244)
        -> Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.29..8.46 rows=10
width=244)
            Index Cond: (unique2 < 10)
```

Условие `t1.hundred < t2.hundred` не может быть проверено в индексе `tenk2_unique2`, поэтому оно применяется в узле соединения. Это уменьшает оценку числа выходных строк, тогда как число строк в узлах сканирования не меняется.

Заметьте, что здесь планировщик решил «материализовать» внутреннее отношение соединения, поместив поверх него узел плана `Materialize` (Материализовать). Это значит, что сканирование индекса `t2` будет выполняться только единожды, при том, что узлу вложенного цикла соединения потребуется прочитать данные десять раз, по числу строк во внешнем соединении. Узел `Materialize` сохраняет считанные данные в памяти, чтобы затем выдать их из памяти на следующих проходах.

Выполняя внешние соединения, вы можете встретить узлы плана с присоединёнными условиями, как обычными «Filter», так и «Join Filter» (Фильтр соединения). Условия `Join Filter` формируются из предложения `ON` для внешнего соединения, так что если строка не удовлетворяет условию `Join Filter`, она всё же выдаётся как строка, дополненная значениями `NULL`. Обычное же условие `Filter` применяется после правил внешнего соединения и поэтому полностью исключает строки. Во внутреннем соединении оба этих фильтра работают одинаково.

Если немного изменить избирательность запроса, мы можем получить совсем другой план соединения:

```
EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;
```

QUERY PLAN

```

Hash Join (cost=230.47..713.98 rows=101 width=488)
  Hash Cond: (t2.unique2 = t1.unique2)
  -> Seq Scan on tenk2 t2 (cost=0.00..445.00 rows=10000 width=244)
  -> Hash (cost=229.20..229.20 rows=101 width=244)
      -> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1 (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
          Recheck Cond: (unique1 < 100)
          -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1 (cost=0.00..5.04 rows=101
width=0)
              Index Cond: (unique1 < 100)

```

Здесь планировщик выбирает соединение по хешу, при котором строки одной таблицы записываются в хеш-таблицу в памяти, после чего сканируется другая таблица и для каждой её строки проверяется соответствие по хеш-таблице. Обратите внимание, что и здесь отступы отражают структуру плана: результат сканирования битовой карты по `tenk1` подаётся на вход узлу Hash, который конструирует хеш-таблицу. Затем она передаётся узлу Hash Join, который читает строки из узла внешнего потомка и проверяет их по этой хеш-таблице.

Ещё один возможный тип соединения — соединение слиянием:

```

EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, onek t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;

```

QUERY PLAN

```

Merge Join (cost=198.11..268.19 rows=10 width=488)
  Merge Cond: (t1.unique2 = t2.unique2)
  -> Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1 t1 (cost=0.29..656.28 rows=101
width=244)
      Filter: (unique1 < 100)
  -> Sort (cost=197.83..200.33 rows=1000 width=244)
      Sort Key: t2.unique2
      -> Seq Scan on onek t2 (cost=0.00..148.00 rows=1000 width=244)

```

Соединение слиянием требует, чтобы входные данные для него были отсортированы по ключам соединения. В этом плане данные `tenk1` сортируются после сканирования индекса, при котором все строки просматриваются в правильном порядке, но таблицу `onek` выгоднее оказывается последовательно просканировать и отсортировать, так как в этой таблице нужно обработать гораздо больше строк. (Последовательное сканирование и сортировка часто бывает быстрее сканирования индекса, когда нужно отсортировать много строк, так как при сканировании по индексу обращения к диску не упорядочены.)

Один из способов посмотреть различные планы — принудить планировщик не считать выбранную им стратегию самой выгодной, используя флаги, описанные в Подразделе 19.7.1. (Это полезный, хотя и грубый инструмент. См. также Раздел 14.3.) Например, если мы убеждены, что последовательное сканирование и сортировка — не лучший способ обработать таблицу `onek` в предыдущем примере, мы можем попробовать

```

SET enable_sort = off;

EXPLAIN SELECT *
FROM tenk1 t1, onek t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2;

```

QUERY PLAN

```

Merge Join (cost=0.56..292.65 rows=10 width=488)
  Merge Cond: (t1.unique2 = t2.unique2)

```

```
-> Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1 t1 (cost=0.29..656.28 rows=101
width=244)
    Filter: (unique1 < 100)
-> Index Scan using onek_unique2 on onek t2 (cost=0.28..224.79 rows=1000
width=244)
```

Видно, что планировщик считает сортировку `onek` со сканированием индекса примерно на 12% дороже, чем последовательное сканирование и сортировку. Конечно, может возникнуть вопрос — а правильно ли это? Мы можем ответить на него, используя описанную ниже команду `EXPLAIN ANALYZE`.

14.1.2. EXPLAIN ANALYZE

Точность оценок планировщика можно проверить, используя команду `EXPLAIN` с параметром `ANALYZE`. С этим параметром `EXPLAIN` на самом деле выполняет запрос, а затем выводит фактическое число строк и время выполнения, накопленное в каждом узле плана, вместе с теми же оценками, что выдает обычная команда `EXPLAIN`. Например, мы можем получить примерно такой результат:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 10 AND t1.unique2 = t2.unique2;
```

QUERY PLAN

```
Nested Loop (cost=4.65..118.62 rows=10 width=488) (actual time=0.128..0.377 rows=10
loops=1)
-> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1 (cost=4.36..39.47 rows=10 width=244) (actual
time=0.057..0.121 rows=10 loops=1)
    Recheck Cond: (unique1 < 10)
-> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1 (cost=0.00..4.36 rows=10 width=0)
(actual time=0.024..0.024 rows=10 loops=1)
    Index Cond: (unique1 < 10)
-> Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2 (cost=0.29..7.91 rows=1 width=244)
(actual time=0.021..0.022 rows=1 loops=10)
    Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
Planning time: 0.181 ms
Execution time: 0.501 ms
```

Заметьте, что значения «actual time» (фактическое время) приводятся в миллисекундах, тогда как оценки `cost` (стоимость) выражаются в произвольных единицах, так что они вряд ли совпадут. Обычно важнее определить, насколько приблизительная оценка числа строк близка к действительности. В этом примере они в точности совпали, но на практике так бывает редко.

В некоторых планах запросов некоторый внутренний узел может выполняться неоднократно. Например, внутреннее сканирование индекса будет выполняться для каждой внешней строки во вложенном цикле верхнего уровня. В таких случаях значение `loops` (циклы) показывает, сколько всего раз выполнялся этот узел, а фактическое время и число строк вычисляется как среднее по всем итерациям. Это делается для того, чтобы полученные значения можно было сравнить с выводимыми приблизительными оценками. Чтобы получить общее время, затраченное на выполнение узла, время одной итерации нужно умножить на значение `loops`. В показанном выше примере мы потратили в общей сложности 0.220 мс на сканирование индекса в `tenk2`.

В ряде случаев `EXPLAIN ANALYZE` выводит дополнительную статистику по выполнению, включающую не только время выполнения узлов и число строк. Для узлов `Sort` и `Hash`, например выводится следующая информация:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT *
FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 100 AND t1.unique2 = t2.unique2 ORDER BY t1.fivethous;
```

QUERY PLAN

```

Sort (cost=717.34..717.59 rows=101 width=488) (actual time=7.761..7.774 rows=100
loops=1)
  Sort Key: t1.fivethous
  Sort Method: quicksort  Memory: 77kB
  -> Hash Join (cost=230.47..713.98 rows=101 width=488) (actual time=0.711..7.427
rows=100 loops=1)
    Hash Cond: (t2.unique2 = t1.unique2)
    -> Seq Scan on tenk2 t2 (cost=0.00..445.00 rows=10000 width=244) (actual
time=0.007..2.583 rows=10000 loops=1)
    -> Hash (cost=229.20..229.20 rows=101 width=244) (actual time=0.659..0.659
rows=100 loops=1)
      Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 28kB
      -> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1 (cost=5.07..229.20 rows=101 width=244)
(actual time=0.080..0.526 rows=100 loops=1)
        Recheck Cond: (unique1 < 100)
        -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1 (cost=0.00..5.04 rows=101
width=0) (actual time=0.049..0.049 rows=100 loops=1)
          Index Cond: (unique1 < 100)
Planning time: 0.194 ms
Execution time: 8.008 ms

```

Для узла Sort показывается использованный метод и место сортировки (в памяти или на диске), а также задействованный объём памяти. Для узла Hash выводится число групп и пакетов хеша, а также максимальный объём, который заняла в памяти хеш-таблица. (Если число пакетов больше одного, часть хеш-таблицы будет выгружаться на диск и занимать какое-то пространство, но его объём здесь не показывается.)

Другая полезная дополнительная информация — число строк, удалённых условием фильтра:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tenk1 WHERE ten < 7;
```

QUERY PLAN

```

Seq Scan on tenk1 (cost=0.00..483.00 rows=7000 width=244) (actual time=0.016..5.107
rows=7000 loops=1)
  Filter: (ten < 7)
  Rows Removed by Filter: 3000
Planning time: 0.083 ms
Execution time: 5.905 ms

```

Эти значения могут быть особенно ценны для условий фильтра, применённых к узлам соединения. Строка «Rows Removed» выводится, только когда условие фильтра отбрасывает минимум одну просканированную строку или потенциальную пару соединения, если это узел соединения.

Похожую ситуацию можно наблюдать при сканировании «неточного» индекса. Например, рассмотрим этот план поиска многоугольников, содержащих указанную точку:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM polygon_tbl WHERE f1 @> polygon '(0.5,2.0)';
```

QUERY PLAN

```

Seq Scan on polygon_tbl (cost=0.00..1.05 rows=1 width=32) (actual time=0.044..0.044
rows=0 loops=1)
  Filter: (f1 @> '((0.5,2))'::polygon)
  Rows Removed by Filter: 4
Planning time: 0.040 ms
Execution time: 0.083 ms

```

Планировщик полагает (и вполне справедливо), что таблица слишком мала для сканирования по индексу, поэтому он выбирает последовательное сканирование, при котором все строки отбрасываются условием фильтра. Но если мы принудим его выбрать сканирование по индексу, мы получим:

```
SET enable_seqscan TO off;
```

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM polygon_tbl WHERE f1 @> polygon '(0.5,2.0)';
```

QUERY PLAN

```
-----
Index Scan using gpolygonind on polygon_tbl  (cost=0.13..8.15 rows=1 width=32) (actual
time=0.062..0.062 rows=0 loops=1)
  Index Cond: (f1 @> '((0.5,2))'::polygon)
  Rows Removed by Index Recheck: 1
Planning time: 0.034 ms
Execution time: 0.144 ms
```

Здесь мы видим, что индекс вернул одну потенциально подходящую строку, но затем она была отброшена при перепроверке условия индекса. Это объясняется тем, что индекс GiST является «неточным» для проверок включений многоугольников: фактически он возвращает строки с многоугольниками, перекрывающими точку по координатам, а затем для этих строк нужно выполнять точную проверку.

EXPLAIN принимает параметр BUFFERS (который также можно применять с ANALYZE), включающий ещё более подробную статистику выполнения запроса:

```
EXPLAIN (ANALYZE, BUFFERS) SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000;
```

QUERY PLAN

```
-----
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=25.08..60.21 rows=10 width=244) (actual
time=0.323..0.342 rows=10 loops=1)
  Recheck Cond: ((unique1 < 100) AND (unique2 > 9000))
  Buffers: shared hit=15
  -> BitmapAnd  (cost=25.08..25.08 rows=10 width=0) (actual time=0.309..0.309 rows=0
loops=1)
    Buffers: shared hit=7
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
(actual time=0.043..0.043 rows=100 loops=1)
      Index Cond: (unique1 < 100)
      Buffers: shared hit=2
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique2  (cost=0.00..19.78 rows=999 width=0)
(actual time=0.227..0.227 rows=999 loops=1)
      Index Cond: (unique2 > 9000)
      Buffers: shared hit=5
Planning time: 0.088 ms
Execution time: 0.423 ms
```

Значения, которые выводятся с параметром BUFFERS, помогают понять, на какие части запроса приходится большинство операций ввода-вывода.

Не забывайте, что EXPLAIN ANALYZE действительно выполняет запрос, хотя его результаты могут не показываться, а заменяться выводом команды EXPLAIN. Поэтому при таком анализе возможны побочные эффекты. Если вы хотите проанализировать запрос, изменяющий данные, но при этом сохранить прежние данные таблицы, вы можете откатить транзакцию после запроса:

```
BEGIN;
```

```
EXPLAIN ANALYZE UPDATE tenk1 SET hundred = hundred + 1 WHERE unique1 < 100;
```

QUERY PLAN

```

Update on tenk1  (cost=5.07..229.46 rows=101 width=250) (actual time=14.628..14.628
rows=0 loops=1)
-> Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=5.07..229.46 rows=101 width=250) (actual
time=0.101..0.439 rows=100 loops=1)
    Recheck Cond: (unique1 < 100)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..5.04 rows=101 width=0)
(actual time=0.043..0.043 rows=100 loops=1)
        Index Cond: (unique1 < 100)
Planning time: 0.079 ms
Execution time: 14.727 ms

```

ROLLBACK;

Как показано в этом примере, когда выполняется команда INSERT, UPDATE или DELETE, собственно изменение данных в таблице происходит в узле верхнего уровня Insert, Update или Delete. Узлы плана более низких уровней выполняют работу по нахождению старых строк и/или вычислению новых данных. Поэтому вверху мы видим тот же тип сканирования битовой карты, что и раньше, только теперь его вывод подаётся узлу Update, который сохраняет изменённые строки. Стоит отметить, что узел, изменяющий данные, может выполняться значительное время (в данном случае это составляет львиную часть всего времени), но планировщик не учитывает эту работу в оценке общей стоимости. Это связано с тем, что эта работа будет одинаковой при любом правильном плане запроса, и поэтому на выбор плана она не влияет.

Когда команда UPDATE или DELETE имеет дело с иерархией наследования, вывод может быть таким:

```

EXPLAIN UPDATE parent SET f2 = f2 + 1 WHERE f1 = 101;

```

QUERY PLAN

```

Update on parent  (cost=0.00..24.53 rows=4 width=14)
  Update on parent
    Update on child1
    Update on child2
    Update on child3
-> Seq Scan on parent  (cost=0.00..0.00 rows=1 width=14)
    Filter: (f1 = 101)
-> Index Scan using child1_f1_key on child1  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
    Index Cond: (f1 = 101)
-> Index Scan using child2_f1_key on child2  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
    Index Cond: (f1 = 101)
-> Index Scan using child3_f1_key on child3  (cost=0.15..8.17 rows=1 width=14)
    Index Cond: (f1 = 101)

```

В этом примере узлу Update помимо изначально упомянутой в запросе родительской таблицы нужно обработать ещё три дочерние таблицы. Поэтому формируются четыре плана сканирования, по одному для каждой таблицы. Ясности ради для узла Update добавляется примечание, показывающее, какие именно таблицы будут изменяться, в том же порядке, в каком они идут в соответствующих внутренних планах. (Эти примечания появились в PostgreSQL 9.5; до этого о целевых таблицах приходилось догадываться, изучая внутренние планы узла.)

Под заголовком Planning time (Время планирования) команда EXPLAIN ANALYZE выводит время, затраченное на построение плана запроса из разобранного запроса и его оптимизацию. Время собственно разбора или перезаписи запроса в него не включается.

Значение Execution time (Время выполнения), выводимое командой EXPLAIN ANALYZE, включает продолжительность запуска и остановки исполнителя запроса, а также время выполнения всех сработавших триггеров, но не включает время разбора, перезаписи и планирования запроса. Время, потраченное на выполнение триггеров BEFORE (если такие имеются) включается во время соот-

ветствующих узлов Insert, Update или Delete node; но время выполнения триггеров AFTER не учитывается, так как триггеры AFTER срабатывают после выполнения всего плана. Общее время, проведённое в каждом триггере (BEFORE или AFTER), также выводится отдельно. Заметьте, что триггеры отложенных ограничений выполняются только в конце транзакции, так что время их выполнения EXPLAIN ANALYZE не учитывает.

14.1.3. Ограничения

Время выполнения, измеренное командой EXPLAIN ANALYZE, может значительно отличаться от времени выполнения того же запроса в обычном режиме. Тому есть две основных причины. Во-первых, так как при анализе никакие строки результата не передаются клиенту, время ввода/вывода и передачи по сети не учитывается. Во-вторых, может быть существенной дополнительной нагрузка, связанная с функциями измерений EXPLAIN ANALYZE, особенно в системах, где вызов gettimeofday() выполняется медленно. Для измерения этой нагрузки вы можете воспользоваться утилитой pg_test_timing.

Результаты EXPLAIN не следует распространять на ситуации, значительно отличающиеся от тех, в которых вы проводите тестирование. В частности, не следует полагать, что выводы, полученные для игрушечной таблицы, будут применимы и для настоящих больших таблиц. Оценки стоимости нелинейны и планировщик может выбирать разные планы в зависимости от размера таблицы. Например, в крайнем случае вся таблица может уместиться в одну страницу диска, и тогда вы почти наверняка получите план последовательного сканирования, независимо от того, есть у неё и индексы или нет. Планировщик понимает, что для обработки таблицы ему в любом случае потребуется прочитать одну страницу, так что нет никакого смысла обращаться к ещё одной странице за индексом. (Мы наблюдали это в показанном выше примере с polygon_tbl.)

Бывает, что фактическое и приближённо оценённое значения не совпадают, но в этом нет ничего плохого. Например, это возможно, когда выполнение плана узла прекращается преждевременно из-за указания LIMIT или подобного эффекта. Например, для запроса с LIMIT, который мы пробовали раньше:

```
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 100 AND unique2 > 9000 LIMIT 2;
```

QUERY PLAN

```
-----
Limit  (cost=0.29..14.71 rows=2 width=244) (actual time=0.177..0.249 rows=2 loops=1)
->  Index Scan using tenk1_unique2 on tenk1  (cost=0.29..72.42 rows=10 width=244)
    (actual time=0.174..0.244 rows=2 loops=1)
        Index Cond: (unique2 > 9000)
        Filter: (unique1 < 100)
        Rows Removed by Filter: 287
Planning time: 0.096 ms
Execution time: 0.336 ms
```

Оценки стоимости и числа строк для узла Index Scan показываются в предположении, что этот узел будет выполняться до конца. Но в действительности узел Limit прекратил запрашивать строки, как только получил первые две, так что фактическое число строк равно 2 и время выполнения запроса будет меньше, чем рассчитал планировщик. Но это не ошибка, а просто следствие того, что оценённые и фактические значения выводятся по-разному.

Соединения слиянием также имеют свои особенности, которые могут ввести в заблуждение. Соединение слиянием прекратит читать один источник данных, если второй будет прочитан до конца, а следующее значение ключа в первом больше последнего значения во втором. В этом случае пар строк больше не будет, так что сканировать первый источник дальше нет смысла. В результате будут прочитаны не все строки одного потомка и вы получите тот же эффект, что и с LIMIT. Кроме того, если внешний (первый) потомок содержит строки с повторяющимися значениями ключа, внутренний (второй) потомок сдвинется назад и повторно выдаст строки для этого значения ключа. EXPLAIN ANALYZE считает эти повторяющиеся строки, как если бы это действительно были дополнительные строки внутреннего источника. Когда во внешнем узле много таких повторений

ключей, фактическое число строк, подсчитанное для внутреннего узла, может значительно превышать число строк в соответствующей таблице.

Для узлов BitmapAnd (Логическое произведение битовых карт) и BitmapOr (Логическое сложение битовых карт) фактическое число строк всегда равно 0 из-за ограничений реализации.

Обычно EXPLAIN выводит подробности для каждого узла плана, сгенерированного планировщиком. Однако бывают ситуации, когда исполнитель может определить, что некоторые узлы не требуются, и не выполнять их; в настоящее время это поддерживает только узел Append. Узел этого типа может отбросить подчинённые узлы, определив, что они не выдадут ни одной записи, нужной для запроса. Понять, что узлы были удалены таким образом, можно по наличию свойства «Subplans Removed» (Подпланов удалено) в выводе EXPLAIN.

14.2. Статистика, используемая планировщиком

14.2.1. Статистика по одному столбцу

Как было показано в предыдущем разделе, планировщик запросов должен оценить число строк, возвращаемых запросов, чтобы сделать правильный выбор в отношении плана запроса. В этом разделе кратко описывается статистика, которую использует система для этих оценок.

В частности, статистика включает общее число записей в каждой таблице и индексе, а также число дисковых блоков, которые они занимают. Эта информация содержится в таблице pg_class, в столбцах reltuples и relpages. Получить её можно, например так:

```
SELECT relname, relkind, reltuples, relpages
FROM pg_class
WHERE relname LIKE 'tenk1%';
```

relname	relkind	reltuples	relpages
tenk1	r	10000	358
tenk1_hundred	i	10000	30
tenk1_thous_tenthous	i	10000	30
tenk1_unique1	i	10000	30
tenk1_unique2	i	10000	30

(5 rows)

Здесь мы видим, что tenk1 содержит 10000 строк данных и столько же строк в индексах (что неудивительно), но объём индексов гораздо меньше таблицы.

Для большей эффективности reltuples и relpages не пересчитываются «на лету», так что они обычно содержат несколько устаревшие значения. Их обновляют команды VACUUM, ANALYZE и несколько команд DDL, такие как CREATE INDEX. VACUUM и ANALYZE могут не сканировать всю таблицу (и обычно так и делают), а только вычислить приращение reltuples по части таблицы, так что результат остаётся приблизительным. В любом случае планировщик пересчитывает значения, полученные из pg_class, в пропорции к текущему физическому размеру таблицы и таким образом уточняет приближение.

Большинство запросов возвращают не все строки таблицы, а только немногие из них, ограниченные условиями WHERE. Поэтому планировщику нужно оценить *избирательность* условий WHERE, то есть определить, какой процент строк будет соответствовать каждому условию в предложении WHERE. Нужная для этого информация хранится в системном каталоге pg_statistic. Значения в pg_statistic обновляются командами ANALYZE и VACUUM ANALYZE и никогда не бывают точными, даже сразу после обновления.

Для исследования статистики лучше обращаться не непосредственно к таблице pg_statistic, а к представлению pg_stats, предназначенному для облегчения восприятия этой информации. Кроме того, представление pg_stats доступно для чтения всем, тогда как pg_statistic — только супер-

пользователям. (Это сделано для того, чтобы непривилегированные пользователи не могли ничего узнать о содержимом таблиц других людей из статистики. Представление `pg_stats` устроено так, что оно показывает строки только для тех таблиц, которые может читать данный пользователь.) Например, мы можем выполнить:

```
SELECT attname, inherited, n_distinct,
       array_to_string(most_common_vals, E'\n') as most_common_vals
FROM pg_stats
WHERE tablename = 'road';
```

attname	inherited	n_distinct	most_common_vals	
name	f	-0.363388	I- 580	Ramp+
			I- 880	Ramp+
			Sp Railroad	+
			I- 580	+
			I- 680	Ramp
name	t	-0.284859	I- 880	Ramp+
			I- 580	Ramp+
			I- 680	Ramp+
			I- 580	+
			State Hwy 13	Ramp

(2 rows)

Заметьте, что для одного столбца показываются две строки: одна соответствует полной иерархии наследования, построенной для таблицы `road` (`inherited=t`), и другая относится непосредственно к таблице `road` (`inherited=f`).

Объём информации, сохраняемой в `pg_statistic` командой `ANALYZE`, в частности максимальное число записей в массивах `most_common_vals` (самые популярные значения) и `histogram_bounds` (границы гистограмм) для каждого столбца, можно ограничить на уровне столбцов с помощью команды `ALTER TABLE SET STATISTICS` или глобально, установив параметр конфигурации `default_statistics_target`. В настоящее время ограничение по умолчанию равно 100 записям. Увеличивая этот предел, можно увеличить точность оценок планировщика, особенно для столбцов с нерегулярным распределением данных, ценой большего объёма `pg_statistic` и, возможно, увеличения времени расчёта этой статистики. И напротив, для столбцов с простым распределением данных может быть достаточно меньшего предела.

Подробнее использование статистики планировщиком описывается в Главе 70.

14.2.2. Расширенная статистика

Часто наблюдается картина, когда медленное выполнение запросов объясняется плохим выбором плана из-за того, что несколько столбцов, фигурирующих в условиях запроса, оказываются связанными. Обычно планировщик полагает, что несколько условий не зависят друг от друга, а это предположение оказывается неверным, когда значения этих столбцов коррелируют. Обычная статистика, которая по природе своей строится по отдельным столбцам, не может выявить корреляции между столбцами. Однако PostgreSQL имеет возможность вычислять *многовариантную статистику*, которая может собирать необходимую для этого информацию.

Так как число возможных комбинаций столбцов очень велико, автоматически вычислять многовариантную статистику непрактично. Вместо этого можно создать *объекты расширенной статистики*, чаще называемые просто *объектами статистики*, чтобы сервер собирал статистику по некоторым наборам столбцов, представляющим интерес.

Объекты статистики создаются командой `CREATE STATISTICS` (за подробностями обратитесь к её описанию). При создании такого объекта просто создаётся запись в каталоге, выражающая востребованность этой статистики. Собственно сбор данных выполняется командой `ANALYZE` (при запуске вручную или фоновом автоанализе). Изучить собранные значения можно в каталоге `pg_statistic_ext`.

Команда `ANALYZE` вычисляет расширенную статистику по той же выборке строк таблицы, которая используется и для вычисления обычной статистики по отдельным столбцам. Так как размер выборки увеличивается с увеличением целевого ограничения статистики для таблицы или любых её столбцов (как описано в предыдущем разделе), при большем целевом ограничении обычно получается более точная расширенная статистика, но и времени на её вычисление требуется больше.

В следующих подразделах описываются виды расширенной статистики, поддерживаемые в настоящее время.

14.2.2.1. Функциональные зависимости

Простейший вид расширенной статистики отслеживает *функциональные зависимости* (это понятие используется в определении нормальных форм баз данных). Мы называем столбец *b* функционально зависимым от столбца *a*, если знания значения *a* достаточно для определения значения *b*, то есть не существует двух строк с одинаковыми значениями *a*, но разными значениями *b*. В полностью нормализованной базе данных функциональные зависимости должны существовать только в первичных ключах и суперключах. Однако на практике многие наборы данных не нормализуются полностью по разным причинам; например, денормализация часто производится намеренно по соображениям производительности.

Существование функциональных зависимостей напрямую влияет на точность оценок в определённых запросах. Если запрос содержит условия как по независимым, так и по зависимым столбцам, условия по зависимым столбцам дополнительно не сокращают размер результата. Однако без знания о функциональной зависимости планировщик запросов будет полагать, что все условия независимы, и недооценит размер результата.

Для информирования планировщика о функциональных зависимостях команда `ANALYZE` может собирать показатели зависимостей между столбцами. Оценить степень зависимости между всеми наборами столбцов обошлось бы непозволительно дорого, поэтому сбор данных ограничивается только теми группами столбцов, которые фигурируют вместе в объекте статистики, определённом со свойством `dependencies`. Во избежание ненужных издержек при выполнении `ANALYZE` и последующем планировании запросов статистику с `dependencies` рекомендуется создавать только для групп сильно коррелирующих столбцов.

Взгляните на пример сбора статистики функциональной зависимости:

```
CREATE STATISTICS stts (dependencies) ON zip, city FROM zipcodes;
```

```
ANALYZE zipcodes;
```

```
SELECT stxname, stxkeys, stxdependencies
FROM pg_statistic_ext
WHERE stxname = 'stts';
stxname | stxkeys | stxdependencies
-----+-----+-----
stts    | 1 5    | {"1 => 5": 1.000000, "5 => 1": 0.423130}
(1 row)
```

В показанном случае столбец 1 (код `zip`) полностью определяет столбец 5 (`city`), так что коэффициент равен 1.0, тогда как город (столбец `city`) определяет код ZIP только в 42% всех случаев, что означает, что многие города (58%) представлены несколькими кодами ZIP.

При вычислении избирательности запроса, в котором задействованы функционально зависимые столбцы, планировщик корректирует оценки избирательности по условиям, используя коэффициенты зависимостей, чтобы не допустить недооценки размера результата.

14.2.2.1.1. Ограничения функциональных зависимостей

Функциональные зависимости в настоящее время применяются только при рассмотрении простых условий с равенствами, сравнивающих значения столбцов с константами. Они не используются для улучшения оценок при проверке равенства двух столбцов или сравнении столбца с выражением, а также в условиях с диапазоном, условиях `LIKE` или любых других видах условий.

Рассматривая функциональные зависимости, планировщик предполагает, что условия по задействованным столбцам совместимы и таким образом избыточны. Если условия несовместимы, правильной оценкой должен быть ноль строк, но эта возможность не рассматривается. Например, с таким запросом

```
SELECT * FROM zipcodes WHERE city = 'San Francisco' AND zip = '94105';
```

планировщик отбросит условие с `city`, так как оно не влияет на избирательность, что верно. Однако он сделает то же предположение и в таком случае:

```
SELECT * FROM zipcodes WHERE city = 'San Francisco' AND zip = '90210';
```

хотя на самом деле этому запросу будет удовлетворять ноль строк. Но статистика функциональной зависимости не даёт достаточно информации, чтобы прийти к такому заключению.

Во многих практических ситуациях это предположение обычно удовлетворяется; например, графический интерфейс приложения для последующего формирования запроса может не допускать выбор несовместимого сочетания города и кода ZIP. Но когда это не так, статистика функциональной зависимости может не подойти.

14.2.2.2. Многовариантное число различных значений

Статистика по одному столбцу содержит число различных значений в каждом отдельном столбце. Оценки числа различных значений в сочетании нескольких столбцов (например, в `GROUP BY a, b`) часто оказываются ошибочными, когда планировщик имеет статистические данные только по отдельным столбцам, что приводит к выбору плохих планов.

Для улучшения таких оценок операция `ANALYZE` может собирать статистику по различным значениям для группы столбцов. Как и ранее, это непрактично делать для каждой возможной группы столбцов, так что данные собираются только по тем группам столбцов, которые указаны в определении объекта статистики, создаваемого со свойством `ndistinct`. Данные будут собираться по всем возможным сочетаниям из двух или нескольких столбцов из перечисленных в определении.

В продолжение предыдущего примера, количества различных значений в таблице ZIP-кодов могут выглядеть так:

```
CREATE STATISTICS stts2 (ndistinct) ON zip, state, city FROM zipcodes;
```

```
ANALYZE zipcodes;
```

```
SELECT stxkeys AS k, stxndistinct AS nd
FROM pg_statistic_ext
WHERE stxname = 'stts2';
-[ RECORD 1 ]-----
k | 1 2 5
nd | {"1, 2": 33178, "1, 5": 33178, "2, 5": 27435, "1, 2, 5": 33178}
(1 row)
```

Как видно, есть три комбинации столбцов, имеющих 33178 различных значений: код ZIP и штат; код ZIP и город; код ZIP, город и штат (то, что все эти числа равны, ожидаемый факт, так как сам по себе код ZIP в этой таблице уникален). С другой стороны, сочетание города и штата даёт только 27435 различных значений.

Объект статистики `ndistinct` рекомендуется создавать только для тех сочетаний столбцов, которые действительно используются при группировке, и только когда неправильная оценка числа групп может привести к выбору плохих планов. В противном случае усилия, потраченные на выполнение `ANALYZE`, будут напрасными.

14.3. Управление планировщиком с помощью явных предложений JOIN

Поведением планировщика в некоторой степени можно управлять, используя явный синтаксис JOIN. Понять, когда и почему это бывает нужно, поможет небольшое введение.

В простом запросе с соединением, например таком:

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
```

планировщик может соединять данные таблицы в любом порядке. Например, он может разработать план, в котором сначала А соединяется с В по условию WHERE a.id = b.id, а затем С соединяется с получившейся таблицей по другому условию WHERE. Либо он может соединить В с С, а затем с А результатом соединения. Он также может соединить сначала А с С, а затем результат с В — но это будет не эффективно, так как ему придётся сформировать полное декартово произведение А и С из-за отсутствия в предложении WHERE условия, подходящего для оптимизации соединения. (В PostgreSQL исполнитель запросов может соединять только по две таблицы, поэтому для получения результата нужно выбрать один из этих способов.) При этом важно понимать, что все эти разные способы соединения дают одинаковые по смыслу результаты, но стоимость их может различаться многократно. Поэтому планировщик должен изучить их все и найти самый эффективный способ выполнения запроса.

Когда запрос включает только две или три таблицы, возможны всего несколько вариантов их соединения. Но их число растёт экспоненциально с увеличением числа задействованных таблиц. Если число таблиц больше десяти, уже практически невозможно выполнить полный перебор всех вариантов, и даже для шести или семи таблиц планирование может занять недопустимо много времени. Когда таблиц слишком много, планировщик PostgreSQL переключается с полного поиска на алгоритм *генетического* вероятностного поиска в ограниченном числе вариантов. (Порог для этого переключения задаётся параметром выполнения `geqo_threshold`.) Генетический поиск выполняется быстрее, но не гарантирует, что найденный план будет наилучшим.

Когда запрос включает внешние соединения, планировщик имеет меньше степеней свободы, чем с обычными (внутренними) соединениями. Например, рассмотрим запрос:

```
SELECT * FROM a LEFT JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

Хотя ограничения в этом запросе очень похожи на показанные в предыдущем примере, смысл его отличается, так как результирующая строка должна выдаваться для каждой строки А, даже если для неё не находится соответствия в соединении В и С. Таким образом, здесь планировщик не может выбирать порядок соединения: он должен соединить В с С, а затем соединить А с результатом. Соответственно, и план этого запроса построится быстрее, чем предыдущего. В других случаях планировщик сможет определить, что можно безопасно выбрать один из нескольких способов соединения. Например, для запроса:

```
SELECT * FROM a LEFT JOIN b ON (a.bid = b.id) LEFT JOIN c ON (a.cid = c.id);
```

можно соединить А либо с В, либо с С. В настоящее время только FULL JOIN полностью ограничивает порядок соединения. На практике в большинстве запросов с LEFT JOIN и RIGHT JOIN порядком можно управлять в некоторой степени.

Синтаксис явного внутреннего соединения (INNER JOIN, CROSS JOIN или лаконичный JOIN) по смыслу равнозначен перечислению отношений в предложении FROM, так что он никак не ограничивает порядок соединений.

Хотя большинство видов JOIN не полностью ограничивают порядок соединения, в PostgreSQL можно принудить планировщик обрабатывать все предложения JOIN как ограничивающие этот порядок. Например, следующие три запроса логически равнозначны:

```
SELECT * FROM a, b, c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a CROSS JOIN b CROSS JOIN c WHERE a.id = b.id AND b.ref = c.id;
SELECT * FROM a JOIN (b JOIN c ON (b.ref = c.id)) ON (a.id = b.id);
```

Но если мы укажем планировщику соблюдать порядок JOIN, на планирование второго и третьего уйдёт меньше времени. Когда речь идёт только о трёх таблицах, выигрыш будет незначительным, но для множества таблиц это может быть очень эффективно.

Чтобы планировщик соблюдал порядок внутреннего соединения, выраженный явно предложениями `JOIN`, нужно присвоить параметру выполнения `join_collapse_limit` значение 1. (Другие допустимые значения обсуждаются ниже.)

Чтобы сократить время поиска, необязательно полностью ограничивать порядок соединений, в `JOIN` можно соединять элементы как в обычном списке `FROM`. Например, рассмотрите следующий запрос:

```
SELECT * FROM a CROSS JOIN b, c, d, e WHERE ...;
```

Если `join_collapse_limit = 1`, планировщик будет вынужден соединить `A` с `B` раньше, чем результат с другими таблицами, но в дальнейшем выборе вариантов он не ограничен. В данном примере число возможных вариантов соединения уменьшается в 5 раз.

Упрощать для планировщика задачу перебора вариантов таким способом — это полезный приём, помогающий не только выбрать сократить время планирования, но и подтолкнуть планировщик к хорошему плану. Если планировщик по умолчанию выбирает неудачный порядок соединения, вы можете заставить его выбрать лучший, применив синтаксис `JOIN`, конечно если вы сами его знаете. Эффект подобной оптимизации рекомендуется подтверждать экспериментально.

На время планирования влияет и другой, тесно связанный фактор — решение о включении подзапросов в родительский запрос. Пример такого запроса:

```
SELECT *
FROM x, y,
      (SELECT * FROM a, b, c WHERE something) AS ss
WHERE somethingelse;
```

Такая же ситуация может возникнуть с представлением, содержащим соединение; вместо ссылки на это представление будет вставлено его выражение `SELECT` и в результате получится запрос, похожий на показанный выше. Обычно планировщик старается включить подзапрос в родительский запрос и получить таким образом:

```
SELECT * FROM x, y, a, b, c WHERE something AND somethingelse;
```

Часто это позволяет построить лучший план, чем при планировании подзапросов по отдельности. (Например, внешние условия `WHERE` могут быть таковы, что при соединении сначала `X` с `A` будет исключено множество строк `A`, а значит формировать логический результат подзапроса полностью не потребуется.) Но в то же время тем самым мы увеличиваем время планирования; две задачи соединения трёх элементов мы заменяем одной с пятью элементами. Так как число вариантов увеличивается экспоненциально, сложность задачи увеличивается многократно. Планировщик пытается избежать проблем поиска с огромным числом вариантов, рассматривая подзапросы отдельно, если в предложении `FROM` родительского запроса оказывается больше чем `from_collapse_limit` элементов. Изменяя этот параметр выполнения, можно подобрать оптимальное соотношение времени планирования и качества плана.

Параметры `from_collapse_limit` и `join_collapse_limit` называются похоже, потому что они делают практически одно и то же: первый параметр определяет, когда планировщик будет «сносить» в предложение `FROM` подзапросы, а второй — явные соединения. Обычно `join_collapse_limit` устанавливается равным `from_collapse_limit` (чтобы явные соединения и подзапросы обрабатывались одинаково) или 1 (если требуется управлять порядком соединений). Но вы можете задать другие значения, чтобы добиться оптимального соотношения времени планирования и времени выполнения запросов.

14.4. Наполнение базы данных

Довольно часто в начале или в процессе использования базы данных возникает необходимость загрузить в неё большой объём данных. В этом разделе приведены рекомендации, которые помогут сделать это максимально эффективно.

14.4.1. Отключите автофиксацию транзакций

Выполняя серию команд `INSERT`, выключите автофиксацию транзакций и зафиксируйте транзакцию только один раз в самом конце. (В обычном SQL это означает, что нужно выполнить `BEGIN` до, и `COMMIT` после этой серии. Некоторые клиентские библиотеки могут делать это автоматически, в таких случаях нужно убедиться, что это так.) Если вы будете фиксировать каждое добавление по отдельности, PostgreSQL придётся проделать много действий для каждой добавляемой строки. Выполнять все операции в одной транзакции хорошо ещё и потому, что в случае ошибки добавления одной из строк произойдёт откат к исходному состоянию и вы не окажетесь в сложной ситуации с частично загруженными данными.

14.4.2. Используйте `COPY`

Используйте `COPY`, чтобы загрузить все строки одной командой вместо серии `INSERT`. Команда `COPY` оптимизирована для загрузки большого количества строк; хотя она не так гибка, как `INSERT`, но при загрузке больших объёмов данных она влечёт гораздо меньше накладных расходов. Так как `COPY` — это одна команда, применяя её, нет необходимости отключать автофиксацию транзакций.

В случаях, когда `COPY` не подходит, может быть полезно создать подготовленный оператор `INSERT` с помощью `PREPARE`, а затем выполнять `EXECUTE` столько раз, сколько потребуется. Это позволит избежать накладных расходов, связанных с разбором и анализом каждой команды `INSERT`. В разных интерфейсах это может выглядеть по-разному; за подробностями обратитесь к описанию «подготовленных операторов» в документации конкретного интерфейса.

Заметьте, что с помощью `COPY` большое количество строк практически всегда загружается быстрее, чем с помощью `INSERT`, даже если используется `PREPARE` и серия операций добавления заключена в одну транзакцию.

`COPY` работает быстрее всего, если она выполняется в одной транзакции с командами `CREATE TABLE` или `TRUNCATE`. В таких случаях записывать WAL не нужно, так как в случае ошибки файлы, содержащие загружаемые данные, будут всё равно удалены. Однако это замечание справедливо, только когда параметр `wal_level` равен `minimal`, так как в противном случае все команды должны записывать свои изменения в WAL.

14.4.3. Удалите индексы

Если вы загружаете данные в только что созданную таблицу, быстрее всего будет загрузить данные с помощью `COPY`, а затем создать все необходимые для неё индексы. На создание индекса для уже существующих данных уйдёт меньше времени, чем на последовательное его обновление при добавлении каждой строки.

Если вы добавляете данные в существующую таблицу, может иметь смысл удалить индексы, загрузить таблицу, а затем пересоздать индексы. Конечно, при этом надо учитывать, что временное отсутствие индексов может отрицательно повлиять на скорость работы других пользователей. Кроме того, следует дважды подумать, прежде чем удалять уникальные индексы, так как без них соответствующие проверки ключей не будут выполняться.

14.4.4. Удалите ограничения внешних ключей

Как и с индексами, проверки, связанные с ограничениями внешних ключей, выгоднее выполнять «массово», а не для каждой строки в отдельности. Поэтому может быть полезно удалить ограничения внешних ключей, загрузить данные, а затем восстановить прежние ограничения. И в этом случае тоже приходится выбирать между скоростью загрузки данных и риском допустить ошибки в отсутствие ограничений.

Более того, когда вы загружаете данные в таблицу с существующими ограничениями внешнего ключа, для каждой новой строки добавляется запись в очередь событий триггера (так как именно срабатывающий триггер проверяет такие ограничения для строки). При загрузке многих миллионов строк очередь событий триггера может занять всю доступную память, что приведёт к недопустимой нагрузке на файл подкачки или даже к сбою команды. Таким образом, загружая большие объёмы данных, может быть не просто желательно, а *необходимо* удалять, а затем восстанавливать

внешние ключи. Если же временное отключение этого ограничения неприемлемо, единственно возможным решением может быть разделение всей операции загрузки на меньшие транзакции.

14.4.5. Увеличьте `maintenance_work_mem`

Ускорить загрузку больших объёмов данных можно, увеличив параметр конфигурации `maintenance_work_mem` на время загрузки. Это приведёт к увеличению быстродействия `CREATE INDEX` и `ALTER TABLE ADD FOREIGN KEY`. На скорость самой команды `COPY` это не повлияет, так что этот совет будет полезен, только если вы применяете какой-либо из двух вышеописанных приёмов.

14.4.6. Увеличьте `max_wal_size`

Также массовую загрузку данных можно ускорить, изменив на время загрузки параметр конфигурации `max_wal_size`. Загружая большие объёмы данных, PostgreSQL вынужден увеличивать частоту контрольных точек по сравнению с обычной (которая задаётся параметром `checkpoint_timeout`), а значит и чаще сбрасывать «грязные» страницы на диск. Временно увеличив `max_wal_size`, можно уменьшить частоту контрольных точек и связанных с ними операций ввода-вывода.

14.4.7. Отключите архивацию WAL и потоковую репликацию

Для загрузки больших объёмов данных в среде, где используется архивация WAL или потоковая репликация, быстрее будет сделать копию базы данных после загрузки данных, чем обрабатывать множество операций изменений в WAL. Чтобы отключить передачу изменений через WAL в процессе загрузки, отключите архивацию и потоковую репликацию, назначьте параметру `wal_level` значение `minimal`, `archive_mode` — `off`, а `max_wal_senders` — `0`. Но имейте в виду, что изменённые параметры вступят в силу только после перезапуска сервера.

Это не только поможет сэкономить время архивации и передачи WAL, но и непосредственно ускорит некоторые команды, которые могут вовсе не использовать WAL, если `wal_level` равен `minimal`. (Они могут гарантировать безопасность при сбое, не записывая все изменения в WAL, а выполнив только `fsync` в конце операции, что будет гораздо дешевле.) Это относится к следующим командам:

- `CREATE TABLE AS SELECT`
- `CREATE INDEX` (и подобные команды, как например `ALTER TABLE ADD PRIMARY KEY`)
- `ALTER TABLE SET TABLESPACE`
- `CLUSTER`
- `COPY FROM`, когда целевая таблица была создана или опустошена ранее в той же транзакции

14.4.8. Выполните в конце `ANALYZE`

Всякий раз, когда распределение данных в таблице значительно меняется, настоятельно рекомендуется выполнять `ANALYZE`. Эта рекомендация касается и загрузки в таблицу большого объёма данных. Выполнив `ANALYZE` (или `VACUUM ANALYZE`), вы тем самым обновите статистику по данной таблице для планировщика. Когда планировщик не имеет статистики или она не соответствует действительности, он не сможет правильно планировать запросы, что приведёт к снижению быстродействия при работе с соответствующими таблицами. Заметьте, что если включён демон автоочистки, он может запускать `ANALYZE` автоматически; подробнее об этом можно узнать в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.

14.4.9. Несколько замечаний относительно `pg_dump`

В скриптах загрузки данных, которые генерирует `pg_dump`, автоматически учитываются некоторые, но не все из этих рекомендаций. Чтобы загрузить данные, которые выгрузил `pg_dump`, максимально быстро, вам нужно будет выполнить некоторые дополнительные действия вручную. (Заметьте, что эти замечания относятся только к *восстановлению* данных, но не к *выгрузке* их. Следующие рекомендации применимы вне зависимости от того, загружается ли архивный файл `pg_dump` в `psql` или в `pg_restore`.)

По умолчанию `pg_dump` использует команду `COPY` и когда она выгружает полностью схему и данные, в сгенерированном скрипте она сначала предусмотрительно загружает данные, а потом создаёт индексы и внешние ключи. Так что в этом случае часть рекомендаций выполняется автоматически. Вам остаётся учесть только следующие:

- Установите подходящие (то есть превышающие обычные) значения для `maintenance_work_mem` и `max_wal_size`.
- Если вы используете архивацию WAL или потоковую репликацию, по возможности отключите их на время восстановления. Для этого перед загрузкой данных, присвойте параметру `archive_mode` значение `off`, `wal_level` — `minimal`, а `max_wal_senders` — `0`. Закончив восстановление, верните их обычные значения и сделайте свежую базовую резервную копию.
- Поэкспериментируйте с режимами параллельного копирования и восстановления команд `pg_dump` и `pg_restore`, и подберите оптимальное число параллельных заданий. Параллельное копирование и восстановление данных, управляемое параметром `-j`, должно дать значительный выигрыш в скорости по сравнению с последовательным режимом.
- Если это возможно в вашей ситуации, восстановите все данные в рамках одной транзакции. Для этого передайте параметр `-1` или `--single-transaction` команде `psql` или `pg_restore`. Но учтите, что в этом режиме даже незначительная ошибка приведёт к откату всех изменений и часы восстановления будут потрачены зря. В зависимости от того, насколько взаимосвязаны данные, предпочтительнее может быть вычистить их вручную. Команды `COPY` будут работать максимально быстро, когда они выполняются в одной транзакции и архивация WAL выключена.
- Если на сервере баз данных установлено несколько процессоров, полезным может оказаться параметр `--jobs` команды `pg_restore`. С его помощью можно выполнить загрузку данных и создание индексов параллельно.
- После загрузки данных запустите `ANALYZE`.

При выгрузке данных без схемы тоже используется команда `COPY`, но индексы, как обычно и внешние ключи, при этом не удаляются и не пересоздаются.¹ Поэтому, загружая только данные, вы сами должны решить, нужно ли для ускорения загрузки удалять и пересоздавать индексы и внешние ключи. При этом будет так же полезно увеличить параметр `max_wal_size`, но не `maintenance_work_mem`; его стоит менять, только если вы впоследствии пересоздаёте индексы и внешние ключи вручную. И не забудьте выполнить `ANALYZE` после; подробнее об этом можно узнать в Подразделе 24.1.3 и Подразделе 24.1.6.

14.5. Оптимизация, угрожающая стабильности

Стабильность — это свойство базы данных, гарантирующее, что результат зафиксированных транзакций будет сохранён даже в случае сбоя сервера или отключения питания. Однако обеспечивается стабильность за счёт значительной дополнительной нагрузки. Поэтому, если вы можете отказаться от такой гарантии, PostgreSQL можно ускорить ещё больше, применив следующие методы оптимизации. Кроме явно описанных исключений, даже с такими изменениями конфигурации при сбое программного ядра СУБД гарантия стабильности сохраняется; риск потери или разрушения данных возможен только в случае внезапной остановки операционной системы.

- Поместите каталог данных кластера БД в файловую систему, размещённую в памяти (т. е. в RAM-диск). Так вы исключите всю активность ввода/вывода, связанную с базой данных, если только размер базы данных не превышает объём свободной памяти (возможно, с учётом файла подкачки).
- Выключите `fsync`; сбрасывать данные на диск не нужно.
- Выключите `synchronous_commit`; нет необходимости принудительно записывать WAL на диск при фиксации каждой транзакции. Но учтите, это может привести к потере транзакций (хотя данные останутся согласованными) в случае сбоя *базы данных*.

¹Вы можете отключить внешние ключи, используя параметр `--disable-triggers` — но при этом нужно понимать, что тем самым вы не просто отложите, а полностью выключите соответствующие проверки, что позволит вставить недопустимые данные.

- Выключите `full_page_writes`; защита от частичной записи страниц не нужна.
- Увеличьте `max_wal_size` и `checkpoint_timeout`; это уменьшит частоту контрольных точек, хотя объём `/pg_wal` при этом вырастет.
- Создавайте нежурналируемые таблицы для оптимизации записи в WAL (но учтите, что такие таблицы не защищены от сбоя).

Глава 15. Параллельный запрос

PostgreSQL может вырабатывать такие планы запросов, которые будут задействовать несколько CPU, чтобы получить ответ на запросы быстрее. Эта возможность называется распараллеливанием запросов. Для многих запросов параллельное выполнение не даёт никакого выигрыша, либо из-за ограничений текущей реализации, либо из-за принципиальной невозможности построить параллельный план, который был бы быстрее последовательного. Однако для запросов, в которых это может быть полезно, распараллеливание часто даёт очень значительное ускорение. Многие такие запросы могут выполняться в параллельном режиме как минимум вдвое быстрее, а некоторые — быстрее в четыре и даже более раз. Обычно наибольший выигрыш можно получить с запросами, обрабатывающими большой объём данных, но возвращающими пользователю всего несколько строк. В этой главе достаточно подробно рассказывается, как работают параллельные запросы и в каких ситуациях их можно использовать, чтобы пользователи, желающие применять их, понимали, чего ожидать.

15.1. Как работают параллельно выполняемые запросы

Когда оптимизатор определяет, что параллельное выполнение будет наилучшей стратегией для конкретного запроса, он создаёт план запроса, включающий узел *Gather* (Сбор) или *Gather Merge* (Сбор со слиянием). Взгляните на простой пример:

```
EXPLAIN SELECT * FROM pgbench_accounts WHERE filler LIKE '%x%';
                                QUERY PLAN
-----
Gather  (cost=1000.00..217018.43 rows=1 width=97)
  Workers Planned: 2
    -> Parallel Seq Scan on pgbench_accounts  (cost=0.00..216018.33 rows=1 width=97)
        Filter: (filler ~~ '%x% '::text)
(4 rows)
```

Во всех случаях узел *Gather* или *Gather Merge* будет иметь ровно один дочерний план, представляющий часть общего плана, выполняемую в параллельном режиме. Если узел *Gather* или *Gather Merge* располагается на самом вершху дерева плана, в параллельном режиме будет выполняться весь запрос. Если он находится где-то в другом месте плана, параллельно будет выполняться только часть плана ниже него. В приведённом выше примере запрос обращается только к одной таблице, так что помимо узла *Gather* есть только ещё один узел плана; и так как этот узел является потомком узла *Gather*, он будет выполняться в параллельном режиме.

Используя *EXPLAIN*, вы можете узнать количество исполнителей, выбранное планировщиком для данного запроса. Когда при выполнении запроса достигается узел *Gather*, процесс, обслуживающий сеанс пользователя, запрашивает фоновые рабочие процессы в этом количестве. Количество исполнителей, которое может попытаться задействовать планировщик, ограничивается значением `max_parallel_workers_per_gather`. Общее число фоновых рабочих процессов, которые могут существовать одновременно, ограничивается параметрами `max_worker_processes` и `max_parallel_workers`. Таким образом, вполне возможно, что параллельный запрос будет выполняться меньшим числом рабочих процессов, чем планировалось, либо вообще без дополнительных рабочих процессов. Оптимальность плана может зависеть от числа доступных рабочих процессов, так что их нехватка может повлечь значительное снижение производительности. Если это наблюдается часто, имеет смысл увеличить `max_worker_processes` и `max_parallel_workers`, чтобы одновременно могло работать больше процессов, либо наоборот уменьшить `max_parallel_workers_per_gather`, чтобы планировщик запрашивал их в меньшем количестве.

Каждый фоновый рабочий процесс, успешно запущенный для данного параллельного запроса, будет выполнять параллельную часть плана. Ведущий процесс также будет выполнять эту часть плана, но он несёт дополнительную ответственность: он должен также прочитать все кортежи, выданные рабочими процессами. Когда параллельная часть плана выдаёт лишь небольшое количество

кортежей, ведущий часто ведёт себя просто как один из рабочих процессов, ускоряя выполнение запроса. И напротив, когда параллельная часть плана выдаёт множество кортежей, ведущий может быть почти всё время занят чтением кортежей, выдаваемых другими рабочими процессами, и выполнять другие шаги обработки, связанные с узлами плана выше узла `Gather` или `Gather Merge`. В таких случаях ведущий процесс может вносить лишь минимальный вклад в выполнение параллельной части плана.

Когда над параллельной частью плана оказывается узел `Gather Merge`, а не `Gather`, это означает, что все процессы, выполняющие части параллельного плана, выдают кортежи в отсортированном порядке, и что ведущий процесс выполняет слияние с сохранением порядка. Узел же `Gather`, напротив, получает кортежи от подчинённых процессов в произвольном удобном ему порядке, нарушая порядок сортировки, который мог существовать.

15.2. Когда может применяться распараллеливание запросов?

Планировщик запросов может отказаться от построения параллельных планов запросов в любом случае под влиянием нескольких параметров. Чтобы он строил параллельные планы запросов при каких-бы то ни было условиях, описанные далее параметры необходимо настроить указанным образом.

- `max_parallel_workers_per_gather` должен иметь значение, большее нуля. Это особый вариант более общего ограничения на суммарное число используемых рабочих процессов, задаваемого параметром `max_parallel_workers_per_gather`.
- `dynamic_shared_memory_type` должен иметь значение, отличное от `none`. Для параллельного выполнения запросов нужна динамическая общая память, через которую будут передаваться данные между взаимодействующими процессами.

В дополнение к этому, система должна работать не в однопользовательском режиме. Так как в этом режиме вся СУБД работает в одном процессе, фоновые рабочие процессы в нём недоступны.

Даже если принципиально возможно построить параллельные планы выполнения, планировщик не будет строить такой план для определённого запроса, если имеет место одно из следующих обстоятельств:

- Запрос выполняет запись данных или блокирует строки в базе данных. Если запрос содержит операцию, изменяющую данные либо на верхнем уровне, либо внутри СТЕ, для такого запроса не будут строиться параллельные планы. Исключение составляют команды `CREATE TABLE ... AS`, `SELECT INTO` и `CREATE MATERIALIZED VIEW`, которые создают новую таблицу и наполняют её, и при этом могут использовать параллельный план.
- Запрос может быть приостановлен в процессе выполнения. В ситуациях, когда система решает, что может иметь место частичное или дополнительное выполнение, план параллельного выполнения не строится. Например, курсор, созданный предложением `DECLARE CURSOR`, никогда не будет использовать параллельный план. Подобным образом, цикл PL/pgSQL вида `FOR x IN query LOOP ... END LOOP` никогда не будет использовать параллельный план, так как система параллельных запросов не сможет определить, может ли безопасно выполняться код внутри цикла во время параллельного выполнения запроса.
- В запросе используются функции, помеченные как `PARALLEL UNSAFE`. Большинство системных функций безопасны для параллельного выполнения (`PARALLEL SAFE`), но пользовательские функции по умолчанию помечаются как небезопасные (`PARALLEL UNSAFE`). Эта характеристика функции рассматривается в Разделе 15.4.
- Запрос работает внутри другого запроса, уже параллельного. Например, если функция, вызываемая в параллельном запросе, сама выполняет SQL-запрос, последний запрос никогда не будет выполняться параллельно. Это ограничение текущей реализации, но убирать его вряд ли следует, так как это может привести к использованию одним запросом чрезмерного количества процессов.

- Для транзакции установлен сериализуемый уровень изоляции. Это ограничение текущей реализации.

Даже когда для определённого запроса построен параллельный план, возможны различные обстоятельства, при которых этот план нельзя будет выполнить в параллельном режиме. В этих случаях ведущий процесс выполнит часть плана ниже узла `Gather` полностью самостоятельно, как если бы узла `Gather` вовсе не было. Это произойдёт только при выполнении одного из следующих условий:

- Невозможно получить ни одного фонового рабочего процесса из-за ограничения общего числа этих процессов значением `max_worker_processes`.
- Невозможно получить ни одного фонового рабочего процесса из-за ограничения общего числа таких процессов для параллельного выполнения значением `max_parallel_workers`.
- Клиент передаёт сообщение `Execute` с ненулевым количеством выбираемых кортежей. За подробностями обратитесь к описанию протокола расширенных запросов. Так как `libpq` в настоящее время не позволяет передавать такие сообщения, это возможно только с клиентом, задействующим не `libpq`. Если это происходит часто, имеет смысл установить в `max_parallel_workers_per_gather` 0 в сеансах, для которых это актуально, чтобы система не пыталась строить планы, которые могут быть неэффективны при последовательном выполнении.
- Для транзакции установлен сериализуемый уровень изоляции. Обычно эта ситуация не возникает, так как при таком уровне изоляции не строятся параллельные планы выполнения. Однако она возможна, если уровень изоляции транзакции меняется на сериализуемый после построения плана и до его выполнения.

15.3. Параллельные планы

Так как каждый рабочий процесс выполняет параллельную часть плана до конца, нельзя просто взять обычный план запроса и запустить его в нескольких исполнителях. В этом случае все исполнители выдавали бы полные копии выходного набора результатов, так что запрос выполнится не быстрее, чем обычно, а его результаты могут быть некорректными. Вместо этого параллельной частью плана должно быть то, что для оптимизатора представляется как *частичный план*; то есть такой план, при выполнении которого в отдельном процессе будет получено только подмножество выходных строк, а каждая требующаяся строка результата будет гарантированно выдана ровно одним из сотрудничающих процессов. Вообще говоря, это означает, что сканирование нижележащей таблицы запроса должно проводиться с учётом распараллеливания.

15.3.1. Параллельные сканирования

В настоящее время поддерживаются следующие виды сканирований таблицы, рассчитанные на параллельное выполнение.

- При *параллельном последовательном сканировании* блоки таблицы будут разделены между взаимодействующими процессами. Блоки выдаются по очереди, так что доступ к таблице остаётся последовательным.
- При *параллельном сканировании кучи по битовой карте* один процесс выбирается на роль ведущего. Этот процесс производит сканирование одного или нескольких индексов и строит битовую карту, показывающую, какие блоки таблицы нужно посетить. Затем эти блоки разделяются между взаимодействующими процессами как при параллельном последовательном сканировании. Другими словами, сканирование кучи выполняется в параллельном режиме, а сканирование нижележащего индекса — нет.
- При *параллельном сканировании по индексу* или *параллельном сканировании только индекса*, взаимодействующие процессы читают данные из индекса по очереди. В настоящее время параллельное сканирование индекса поддерживается только для индексов-B-деревьев. Каждый процесс будет выбирать один блок индекса с тем, чтобы просканировать и вернуть все кортежи, на которые он ссылается; другой процесс может в то же время возвращать кортежи для другого блока индекса. Результаты параллельного сканирования B-дерева каждый рабочий процесс возвращает в отсортированном порядке.

В будущем может появиться поддержка параллельного выполнения и для других вариантов сканирования, например, сканирования индексов, отличных от B-дерева.

15.3.2. Параллельные соединения

Как и в непараллельном плане, целевая таблица может соединяться с одной или несколькими другими таблицами с использованием вложенных циклов, соединения по хешу или соединения слиянием. Внутренней стороной соединения может быть любой вид непараллельного плана, который в остальном поддерживается планировщиком, при условии, что он безопасен для выполнения в параллельном исполнителе. Внутренней стороной может быть и параллельный план, в зависимости от типа соединения.

- В *соединении с вложенным циклом* внутренняя сторона всегда непараллельная. Хотя она выполняется полностью, это эффективно, если с внутренней стороны производится сканирование индекса, так как внешние кортежи, а значит и циклы, находящие значения в индексе, разделяются по параллельным процессам.
- При *соединении слиянием* с внутренней стороны всегда будет непараллельный план и, таким образом, он будет выполняться полностью. Это может быть неэффективно, особенно если потребуется произвести сортировку, так как работа и конечные данные будут повторяться в каждом параллельном процессе.
- При *соединении по хешу* (непараллельном, без префикса «parallel») внутреннее соединение выполняется полностью в каждом параллельном процессе, и в результате они строят одинаковые копии хеш-таблицы. Это может быть неэффективно при большой хеш-таблице или дорогостоящем плане. В *параллельном соединении по хешу* с внутренней стороны выполняется *параллельное хеширование*, при котором работа по построению общей хеш-таблицы разделяется между параллельными процессами.

15.3.3. Параллельное агрегирование

PostgreSQL поддерживает параллельное агрегирование, выполняя агрегирование в два этапа. Сначала каждый процесс, задействованный в параллельной части запроса, выполняет шаг агрегирования, выдавая частичный результат для каждой известной ему группы. В плане это отражает узел `Partial Aggregate`. Затем эти промежуточные результаты передаются ведущему через узел `Gather` или `Gather Merge`. И наконец, ведущий заново агрегирует результаты всех рабочих процессов, чтобы получить окончательный результат. Это отражает в плане узел `Finalize Aggregate`.

Так как узел `Finalize Aggregate` выполняется в ведущем процессе, запросы, выдающие достаточно большое количество групп по отношению к числу входных строк, будут расцениваться планировщиком как менее предпочтительные. Например, в худшем случае количество групп, выявленных узлом `Finalize Aggregate`, может равняться числу входных строк, обработанных всеми рабочими процессами на этапе `Partial Aggregate`. Очевидно, что в такой ситуации использование параллельного агрегирования не даст никакого выигрыша производительности. Планировщик запросов учитывает это в процессе планирования, так что выбор параллельного агрегирования в подобных случаях очень маловероятен.

Параллельное агрегирование поддерживается не во всех случаях. Чтобы оно поддерживалось, агрегатная функция должна быть безопасной для распараллеливания и должна иметь комбинирующую функцию. Если переходное состояние агрегатной функции имеет тип `internal`, она должна также иметь функции сериализации и десериализации. За подробностями обратитесь к `CREATE AGGREGATE`. Параллельное агрегирование не поддерживается, если вызов агрегатной функции содержит предложение `DISTINCT` или `ORDER BY`. Также оно не поддерживается для сортирующих агрегатов или когда запрос включает предложение `GROUPING SETS`. Оно может использоваться только когда все соединения, задействованные в запросе, также входят в параллельную часть плана.

15.3.4. Параллельное присоединение

Когда требуется объединить строки из различных источников в единый набор результатов, в PostgreSQL используются узлы плана `Append` или `MergeAppend`. Это обычно происходит при реали-

зации `UNION ALL` или при сканировании секционированной таблицы. Данные узлы могут применяться как в параллельных, так и в обычных планах. Однако в параллельных планах планировщик может заменить их на узел `Parallel Append`.

Если в параллельном плане используется узел `Append`, все задействованные процессы выполняют очередной дочерний план совместно, пока он не будет завершён, и лишь затем, примерно в одно время, переходят к выполнению следующего дочернего плана. Когда же применяется `Parallel Append`, исполнитель старается равномерно распределить между задействованными процессами все дочерние планы, чтобы они выполнялись параллельно. Это позволяет избежать конкуренции и не тратить ресурсы на запуск дочернего плана для тех процессов, которые не будут его выполнять.

Кроме того, в отличие от обычного узла `Append`, использование которого внутри параллельного плана допускается только для частичных дочерних планов, узел `Parallel Append` может обрабатывать как частичные, так и не частичные дочерние планы. Для сканирования не частичного плана будет использоваться только один процесс, поскольку его многократное сканирование приведёт лишь к дублированию результатов. Таким образом, для планов, объединяющих несколько наборов результатов, можно достичь параллельного выполнения на высоком уровне, даже когда эффективные частичные планы отсутствуют. Например, рассмотрим запрос к секционированной таблице, который может быть эффективно реализован только с помощью индекса, не поддерживающего параллельное сканирование. Планировщик может выбрать узел `Parallel Append` для параллельного объединения нескольких обычных планов `Index Scan`; в этом случае каждое сканирование индекса будет выполняться до полного завершения одним процессом, но при этом разные сканирования будут осуществляться параллельно.

Отключить данную функциональность можно с помощью `enable_parallel_append`.

15.3.5. Советы по параллельным планам

Если для запроса ожидается параллельный план, но такой план не строится, можно попытаться уменьшить `parallel_setup_cost` или `parallel_tuple_cost`. Понимается, этот план может оказаться медленнее последовательного плана, предпочитаемого планировщиком, но не всегда. Если вы не получаете параллельный план даже с очень маленькими значениями этих параметров (например, сбросив оба их в ноль), может быть какая-то веская причина тому, что планировщик запросов не может построить параллельный план для вашего запроса. За информацией о возможных причинах обратитесь к Разделу 15.2 и Разделу 15.4.

Когда выполняется параллельный план, вы можете применить `EXPLAIN (ANALYZE, VERBOSE)`, чтобы просмотреть статистику по каждому узлу плана в разрезе рабочих процессов. Это может помочь определить, равномерно ли распределяется работа между всеми узлами плана, и на более общем уровне понимать характеристики производительности плана.

15.4. Безопасность распараллеливания

Планировщик классифицирует операции, вовлечённые в выполнение запроса, как либо *безопасные для распараллеливания*, либо *ограниченно распараллеливаемые*, либо *небезопасные для распараллеливания*. Безопасной для распараллеливания операцией считается такая, которая не мешает параллельному выполнению запроса. Ограниченно распараллеливаемой операцией считается такая, которая не может выполняться в параллельном рабочем процессе, но может выполняться в ведущем процессе, когда запрос выполняется параллельно. Таким образом, ограниченно параллельные операции никогда не могут оказаться ниже узла `Gather` или `Gather Merge`, но могут встречаться в других местах плана, содержащего такой узел. Небезопасные для распараллеливания операции не могут выполняться в параллельных запросах, даже в ведущем процессе. Когда запрос содержит что-либо небезопасное для распараллеливания, параллельное выполнение для такого запроса полностью исключается.

Ограниченно распараллеливаемыми всегда считаются следующие операции.

- Сканирование общих табличных выражений (СТЕ).
- Сканирование временных таблиц.

- Сканирование сторонних таблиц, если только обёртка сторонних данных не предоставляет функцию `IsForeignScanParallelSafe`, которая допускает распараллеливание.
- Узлы плана, к которым присоединён узел `InitPlan`.
- Узлы плана, которые ссылаются на связанный `SubPlan`.

15.4.1. Пометки параллельности для функций и агрегатов

Планировщик не может автоматически определить, является ли пользовательская обычная или агрегатная функция безопасной для распараллеливания, так как это потребовало бы предсказания действия каждой операции, которую могла бы выполнять функция. В общем случае это равнозначно решению проблемы остановки, а значит, невозможно. Даже для простых функций, где это в принципе возможно, мы не пытаемся это делать, так как это будет слишком дорогой и потенциально неточной процедурой. Вместо этого, все определяемые пользователем функции полагаются небезопасными для распараллеливания, если явно не отмечено обратное. Когда используется `CREATE FUNCTION` или `ALTER FUNCTION`, функции можно назначить отметку `PARALLEL SAFE`, `PARALLEL RESTRICTED` или `PARALLEL UNSAFE`, отражающую её характер. В команде `CREATE AGGREGATE` для параметра `PARALLEL` можно задать `SAFE`, `RESTRICTED` или `UNSAFE` в виде соответствующего значения.

Обычные и агрегатные функции должны помечаться небезопасными для распараллеливания (`PARALLEL UNSAFE`), если они пишут в базу данных, обращаются к последовательностям, изменяют состояние транзакции, даже временно (как, например, функция `PL/pgSQL`, устанавливающая блок `EXCEPTION` для перехвата ошибок), либо производят постоянные изменения параметров. Подобным образом, функции должны помечаться как ограничено распараллеливаемые (`PARALLEL RESTRICTED`), если они обращаются к временным таблицам, состоянию клиентского подключения, курсорам, подготовленным операторам или разнообразному локальному состоянию обслуживающего процесса, которое система не может синхронизировать между рабочими процессами. Например, по этой причине ограничено параллельными являются функции `setseed` и `random`.

В целом, если функция помечена как безопасная, когда на самом деле она небезопасна или ограничено безопасна, или если она помечена как ограничено безопасная, когда на самом деле она небезопасная, такая функция может выдавать ошибки или возвращать неправильные ответы при использовании в параллельном запросе. Функции на языке `C` могут теоретически проявлять полностью неопределённое поведение при некорректной метке, так как система никаким образом не может защитить себя от произвольного кода `C`, но чаще всего результат будет не хуже, чем с любой другой функцией. В случае сомнений, вероятно, лучше всего будет помечать функции как небезопасные (`UNSAFE`).

Если функция, выполняемая в параллельном рабочем процессе, затребует блокировки, которыми не владеет ведущий, например, обращаясь к таблице, не упомянутой в запросе, эти блокировки будут освобождены по завершении процесса, а не в конце транзакции. Если вы разрабатываете функцию с таким поведением, и эта особенность выполнения оказывается критичной, пометьте такую функцию как `PARALLEL RESTRICTED`, чтобы она выполнялась только в ведущем процессе.

Заметьте, что планировщик запросов не рассматривает возможность отложенного выполнения ограничено распараллеливаемых обычных или агрегатных функций, задействованных в запросе, для получения лучшего плана. Поэтому, например, если предложение `WHERE`, применяемое к конкретной таблице, является ограничено параллельным, планировщик запросов исключит возможность сканирования этой таблицы в параллельной части плана. В некоторых случаях возможно (и, вероятно, более эффективно) включить сканирование этой таблицы в параллельную часть запроса и отложить вычисление предложения `WHERE`, чтобы оно происходило над узлом `Gather`, но планировщик этого не делает.

Часть III. Администрирование сервера

В этой части документации освещаются темы, представляющие интерес для администратора баз данных PostgreSQL. В частности, здесь рассматривается установка программного обеспечения, установка и настройка сервера, управление пользователями и базами данных, а также задачи обслуживания. С этими темами следует ознакомиться всем, кто эксплуатирует сервер PostgreSQL (даже для личных целей, а тем более в производственной среде).

Материал этой части даётся примерно в том порядке, в каком его следует читать начинающему пользователю. При этом её главы самодостаточны и при желании могут быть прочитаны по отдельности. Информация в этой части книги представлена в повествовательном стиле и разделена по темам. Если же вас интересует формальное и полное описание определённой команды, см. Часть VI.

Первые несколько глав написаны так, чтобы их можно было понять без предварительных знаний, так что начинающие пользователи, которым нужно установить свой собственный сервер, могут начать свой путь с них. Остальные главы части посвящены настройке сервера и управлению им; в этом материале подразумевается, что читатель знаком с основными принципами использования СУБД PostgreSQL. За дополнительной информацией мы рекомендуем читателям обратиться к Части I и Части II.

Глава 16. Установка из исходного кода

В этой главе описывается установка PostgreSQL из дистрибутивного пакета исходного кода. (Если вы устанавливаете собранный двоичный пакет, например RPM или Debian, вам нужно прочитать инструкции по установке пакета, а не эту главу.)

16.1. Краткий вариант

```
./configure
make
su
make install
adduser postgres
mkdir /usr/local/pgsql/data
chown postgres /usr/local/pgsql/data
su - postgres
/usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data
/usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data >logfile 2>&1 &
/usr/local/pgsql/bin/createdb test
/usr/local/pgsql/bin/psql test
```

Развёрнутый вариант представлен в продолжении этой главы.

16.2. Требования

В принципе, запустить PostgreSQL должно быть возможно на любой современной Unix-совместимой платформе. Платформы, прошедшие специальную проверку на совместимость к моменту выпуска версии, перечислены далее в Разделе 16.6. В подкаталоге `doc` дистрибутива PostgreSQL вы можете найти несколько документов FAQ по разным платформам, к которым следует обратиться в случае затруднений.

Для сборки PostgreSQL требуются следующие программные пакеты:

- Требуется GNU make версии 3.80 или новее; другие программы make или ранние версии GNU make работать *не* будут. (Иногда GNU make устанавливается под именем `gmake`.) Чтобы проверить наличие и версию GNU make, введите:

```
make --version
```

- Вам потребуется компилятор C, соответствующий ISO/ANSI (как минимум, совместимый с C89). Рекомендуются использовать последние версии GCC, но известно, что PostgreSQL собирается самыми разными компиляторами и других производителей.
- Для распаковки пакета исходного кода необходим `tar`, а также `gzip` или `bzip2`.
- По умолчанию при сборке используется библиотека GNU Readline. Она позволяет запоминать все вводимые команды в `psql` (SQL-интерпретатор командной строки для PostgreSQL) и затем, пользуясь клавишами-стрелками, возвращаться к ним и редактировать их. Это очень удобно и мы настоятельно рекомендуем пользоваться этим. Если вы не желаете использовать эту возможность, вы должны добавить указание `--without-readline` для `configure`. В качестве альтернативы часто можно использовать библиотеку `libedit` с лицензией BSD, изначально разработанную для NetBSD. Библиотека `libedit` совместима с GNU Readline и подключается, если `libreadline` не найдена, или когда `configure` передаётся указание `--with-libedit-preferred`. Если вы используете систему на базе Linux с пакетами, учтите, что вам потребуются два пакета: `readline` и `readline-devel`, если в вашем дистрибутиве они разделены.
- По умолчанию для сжатия данных используется библиотека `zlib`. Если вы не хотите её использовать, вы должны передать `configure` указание `--without-zlib`. Это указание отключает поддержку сжатых архивов в `pg_dump` и `pg_restore`.

Следующие пакеты не являются обязательными. Они не требуются в стандартной конфигурации, но они необходимы для определённых вариантов сборки, описанных ниже:

- Чтобы собрать поддержку языка программирования PL/Perl, вам потребуется полная инсталляция Perl, включая библиотеку `libperl` и заголовочные файлы. Версия Perl должна быть не старше 5.8.3. Так как PL/Perl будет разделяемой библиотекой, библиотека `libperl` тоже должна быть разделяемой для большинства платформ. В последних версиях Perl это вариант по умолчанию, но в ранних версиях это было не так, и в любом случае это выбирает тот, кто устанавливает Perl в вашей системе. Скрипт `configure` выдаст ошибку, если не сможет найти разделяемую `libperl`, когда выбрана сборка PL/Perl. В этом случае, чтобы собрать PL/Perl, вам придется пересобрать и переустановить Perl. В процессе конфигурирования Perl выберите сборку разделяемой библиотеки.

Если вы планируете отвести PL/Perl не второстепенную роль, следует убедиться в том, что инсталляция Perl была собрана с флагом `usemultiplicity` (так ли это, может показать команда `perl -V`).

- Чтобы собрать сервер с поддержкой языка программирования PL/Python, вам потребуется инсталляция Python с заголовочными файлами и модулем `distutils`. Версия Python должна быть не меньше 2.4. Python 3 поддерживается, начиная с версии 3.1; но используя Python 3, следуйте написанному в Раздел 46.1.

Так как PL/Python будет разделяемой библиотекой, библиотека `libpython` тоже должна быть разделяемой для большинства платформ. По умолчанию при сборке инсталляции Python из пакета исходного кода это не так, но во многих дистрибутивах имеется нужная разделяемая библиотека. Скрипт `configure` выдаст ошибку, если не сможет найти разделяемую `libpython`, когда выбрана сборка PL/Python. Это может означать, что вам нужно либо установить дополнительные пакеты, либо пересобрать (частично) вашу инсталляцию Python, чтобы получить эту библиотеку. При сборке Python из исходного кода выполните `configure` с флагом `--enable-shared`.

- Чтобы собрать поддержку процедурного языка PL/Tcl, вам конечно потребуется инсталляция Tcl. Версия Tcl должна быть не старше 8.4.
- Чтобы включить поддержку национальных языков (NLS, Native Language Support), то есть возможность выводить сообщения программы не только на английском языке, вам потребуется реализация API Gettext. В некоторых системах эта реализация встроена (например, в Linux, NetBSD, Solaris), а для других вы можете получить дополнительный пакет по адресу <http://www.gnu.org/software/gettext/>. Если вы используете реализацию Gettext в библиотеке GNU, вам понадобится ещё пакет GNU Gettext для некоторых утилит. Для любых других реализаций он не требуется.
- Если вам нужна поддержка зашифрованных клиентских соединений, вам потребуется OpenSSL, версии не ниже 0.9.8.
- Вам могут понадобиться пакеты Kerberos, OpenLDAP и/или PAM, если вам нужна поддержка аутентификации, которую они обеспечивают.
- Для сборки документации PostgreSQL предъявляется отдельный набор требований; см. Раздел J.2.

Если вы хотите скомпилировать код из дерева Git, а не из специального пакета исходного кода, либо вы хотите работать с этим кодом, вам также понадобятся следующие пакеты:

- Flex и Bison потребуются для сборки из содержимого Git или если вы меняете собственно файлы определений анализа и разбора. Если они вам понадобятся, то версия Flex должна быть не меньше 2.5.31, а Bison — не меньше 1.875. Другие программы `lex` и `yacc` работать не будут.
- Perl 5.8.3 или новее потребуется для сборки из содержимого Git, либо если вы меняете исходные файлы этапов сборки, построенных на скриптах Perl. Если вы выполняете сборку в Windows, вам потребуется Perl в любом случае. Perl также требуется для выполнения некоторых комплектов тестов.

Если вам понадобится какой-либо пакет GNU, вы можете найти его на вашем локальном зеркале GNU (список зеркал: <https://www.gnu.org/prep/ftp>) или на сайте <ftp://ftp.gnu.org/gnu/>.

Также проверьте, достаточно ли места на диске. Вам потребуется около 100 Мб для исходного кода в процессе компиляции и около 20 Мб для каталога инсталляции. Пустой кластер баз данных занимает около 35 Мб; базы данных занимают примерно в пять раз больше места, чем те же данные в обычном текстовом файле. Если вы планируете запускать регрессионные тесты, вам может временно понадобиться ещё около 150 Мб. Проверить наличие свободного места можно с помощью команды `df`.

16.3. Получение исходного кода

Исходные коды PostgreSQL 11.1 можно загрузить из соответствующего раздела нашего сайта: <https://www.postgresql.org/download/>. Вам следует выбрать файл `postgresql-11.1.tar.gz` или `postgresql-11.1.tar.bz2`. Получив этот файл, распакуйте его:

```
gunzip postgresql-11.1.tar.gz
tar xf postgresql-11.1.tar
```

(Если вы выбрали файл `.bz2`, используйте `bunzip2` вместо `gunzip`.) При этом в текущем каталоге будет создан подкаталог `postgresql-11.1` с исходными кодами PostgreSQL. Перейдите в этот подкаталог для продолжения процедуры установки.

Вы также можете получить исходный код непосредственно из репозитория системы управления версиями (см. Приложение I).

16.4. Процедура установки

1. Конфигурирование

На первом шаге установки требуется сконфигурировать дерево установки для вашей системы и выбрать желаемые параметры сборки. Для этого нужно запустить скрипт `configure`. Чтобы выполнить стандартную сборку, просто введите:

```
./configure
```

Этот скрипт проведёт несколько проверок с целью определить значения для различных переменных, зависящих от системы, и выявить любые странности вашей ОС, а затем создаст несколько файлов в дереве сборки, в которых отразит полученные результаты. Вы также можете выполнить `configure` вне дерева исходного кода, если хотите сохранить каталог сборки отдельно. Эта процедура также называется сборкой с *VPATH*. Выполняется она так:

```
mkdir build_dir
cd build_dir
/путь/к/каталогу/исходного/кода/configure [параметры]
make
```

В стандартной конфигурации собираются сервер и утилиты, а также клиентские приложения и интерфейсы, которым требуется только компилятор C. Все файлы по умолчанию устанавливаются в `/usr/local/pgsql`.

Вы можете настроить процесс сборки и установки, передав `configure` один или несколько следующих параметров командной строки:

```
--prefix=ПРЕФИКС
```

Разместить все файлы внутри каталога *ПРЕФИКС*, а не в `/usr/local/pgsql`. Собственно файлы будут установлены в различные подкаталоги этого каталога; в самом каталоге *ПРЕФИКС* никакие файлы не размещаются.

Если у вас есть особые требования, вы также можете изменить отдельные подкаталоги, определив следующие параметры. Однако, если вы оставите для них значения по умолчанию, инсталляция будет перемещаемой, то есть вы сможете переместить каталог после установки. (Это не распространяется на каталоги `man` и `doc`.)

Для перемещаемых инсталляций можно передать `configure` указание `--disable-rpath`. Кроме того, вы должны будете сказать операционной системе, как найти разделяемые библиотеки.

`--exec-prefix=ИСП-ПРЕФИКС`

Вы можете установить архитектурно-зависимые файлы в размещение с другим префиксом, *ИСП-ПРЕФИКС*, отличным от *ПРЕФИКС*. Это бывает полезно для совместного использования таких файлов несколькими системами. По умолчанию *ИСП-ПРЕФИКС* считается равным *ПРЕФИКС* и все файлы, архитектурно-зависимые и независимые, устанавливаются в одно дерево каталогов, что вам скорее всего и нужно.

`--bindir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для исполняемых двоичных программ. По умолчанию это *ИСП-ПРЕФИКС/bin*, что обычно означает */usr/local/pgsql/bin*.

`--sysconfdir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для различных файлов конфигурации, *ПРЕФИКС/etc* по умолчанию.

`--libdir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для установки библиотек и динамически загружаемых модулей. Значение по умолчанию — *ИСП-ПРЕФИКС/lib*.

`--includedir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для установки заголовочных файлов C и C++. Значение по умолчанию — *ПРЕФИКС/include*.

`--datarootdir=КАТАЛОГ`

Задаёт корневой каталог для разного рода статических файлов. Этот параметр определяет только базу для некоторых из следующих параметров. Значение по умолчанию — *ПРЕФИКС/share*.

`--datadir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для статических файлов данных, используемых установленными программами. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR*. Заметьте, что это совсем не тот каталог, в котором будут размещены файлы базы данных.

`--localedir=КАТАЛОГ`

Задаёт каталог для установки данных локализации, в частности, каталогов перевода сообщений. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR/locale*.

`--mandir=КАТАЛОГ`

Страницы `man`, поставляемые в составе PostgreSQL, будут установлены в этот каталог, в соответствующие подкаталоги `manx`. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR/man*.

`--docdir=КАТАЛОГ`

Задаёт корневой каталог для установки файлов документации, кроме страниц «`man`». Этот параметр только определяет базу для следующих параметров. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR/doc/postgresql*.

`--htmldir=КАТАЛОГ`

В этот каталог будет помещена документация PostgreSQL в формате HTML. Значение по умолчанию — *DATAROOTDIR*.

Примечание

Чтобы PostgreSQL можно было установить в стандартные системные размещения (например, в `/usr/local/include`), не затрагивая пространство имён остальной системы, приняты определённые меры. Во-первых, к путям `datadir`, `sysconfdir` и `docdir` автоматически добавляется строка `«/postgresql»`, если только полный развёрнутый путь каталога уже не содержит строку `«postgres»` или `«pgsql»`. Так, если вы выберете в качестве префикса `/usr/local`, документация будет установлена в `/usr/local/doc/postgresql`, но с префиксом `/opt/postgres` она будет помещена в `/opt/postgres/doc`. Внешние заголовочные файлы C для клиентских интерфейсов устанавливаются в `includedir`, не загрязняя пространство имён. Внутренние и серверные заголовочные файлы устанавливаются в частные подкаталоги внутри `includedir`. Чтобы узнать, как обращаться к заголовочным файлам того или иного интерфейса, обратитесь к документации этого интерфейса. Наконец, для динамически загружаемых модулей, если требуется, будет также создан частный подкаталог внутри `libdir`.

`--with-extra-version=СТРОКА`

Заданная *СТРОКА* добавляется к номеру версии PostgreSQL. Это можно использовать, например, чтобы двоичные файлы, собранные из промежуточных снимков Git или кода с дополнительными правками, отличались от стандартных дополнительной строкой в версии, например, содержащей идентификатор `git describe` или номер выпуска дистрибутивного пакета.

`--with-includes=КАТАЛОГИ`

Значение *КАТАЛОГИ* представляет список каталогов через двоеточие, которые будут просмотрены компилятором при поиске заголовочных файлов. Если дополнительные пакеты (например, GNU Readline) установлены у вас в нестандартное расположение, вам придётся использовать этот параметр и, возможно, также добавить соответствующий параметр `--with-libraries`.

Пример: `--with-includes=/opt/gnu/include:/usr/sup/include`.

`--with-libraries=КАТАЛОГИ`

Значение *КАТАЛОГИ* представляет список каталогов через двоеточие, в котором следует искать библиотеки. Возможно, вам потребуется использовать этот параметр (и соответствующий `--with-includes`), если какие-то пакеты установлены у вас в нестандартное размещение.

Пример: `--with-libraries=/opt/gnu/lib:/usr/sup/lib`.

`--enable-nls[=ЯЗЫКИ]`

Включает поддержку национальных языков (NLS, Native Language Support), то есть возможность выводить сообщения программы не только на английском языке. Значение *ЯЗЫКИ* представляет необязательный список кодов языков через пробел, поддержка которых вам нужна, например: `--enable-nls='de fr ru'`. (Пересечение заданного вами списка и множества действительно доступных переводов будет вычислено автоматически.) Если список не задаётся, устанавливаются все доступные переводы.

Для использования этой возможности вам потребуется реализация API Gettext; см. выше.

`--with-pgport=HOMEPORT`

Задаёт *HOMEPORT* порта по умолчанию для сервера и клиентов. Стандартное значение — 5432. Этот порт всегда можно изменить позже, но если вы укажете другой номер здесь, и сервер, и клиенты будут скомпилированы с одним значением, что очень удобно. Обычно менять это значение имеет смысл, только если вы намерены запускать в одной системе несколько серверов PostgreSQL.

`--with-perl`

Включает поддержку языка PL/Perl на стороне сервера.

`--with-python`

Включает поддержку языка PL/Python на стороне сервера.

`--with-tcl`

Включает поддержку языка PL/Tcl на стороне сервера.

`--with-tclconfig=КАТАЛОГ`

Tcl устанавливает файл `tclConfig.sh`, содержащий конфигурационные данные, необходимые для сборки модулей, взаимодействующих с Tcl. Этот файл обычно находится автоматически в известном размещении, но если вы хотите использовать другую версию Tcl, вы должны указать каталог, где искать этот файл.

`--with-gssapi`

Включает поддержку аутентификации GSSAPI. На многих платформах подсистема GSSAPI (обычно входящая в состав Kerberos) устанавливается не в то размещение, которое просматривается по умолчанию (например, `/usr/include`, `/usr/lib`), так что помимо этого параметра вам придётся задать параметры `--with-includes` и `--with-libraries`. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции GSSAPI, прежде чем продолжить.

`--with-krb-srvnam=ИМЯ`

Задаёт имя по умолчанию для субъекта-службы Kerberos, используемое GSSAPI (по умолчанию это `postgres`). Обычно менять его имеет смысл только в среде Windows, где оно должно быть задано в верхнем регистре (`POSTGRES`).

`--with-llvm`

Включает поддержку JIT-компиляции (см. Главу 32) на базе LLVM. Для этого должна быть установлена библиотека LLVM. В настоящее время требуется версия LLVM не ниже 3.9.

Программа `llvm-config` будет использоваться для выяснения требуемых параметров компиляции. Поиск её будет выполняться в путях `PATH` по имени `llvm-config`, а затем `llvm-config-$major-$minor` для всех поддерживаемых версий. Если нужный экземпляр программы найти таким образом не удастся, воспользуйтесь переменной `LLVM_CONFIG` и укажите путь к корректному `llvm-config`. Например:

```
./configure ... --with-llvm LLVM_CONFIG='/path/to/llvm/bin/llvm-config'
```

Для поддержки LLVM требуется совместимый компилятор `clang` (указываемый, если это требуется, в переменной окружения `CLANG`) и работающий компилятор C++ (указываемый, если требуется, в переменной окружения `CXX`).

`--with-icu`

Включает поддержку библиотеки ICU. Для этого должен быть установлен пакет ICU4C. В настоящее время требуется ICU4C версии не ниже 4.2.

По умолчанию для определения нужных параметров компиляции будет использоваться `pkg-config`. Этот вариант работает для ICU4C версии 4.6 и новее. Для более старых версий или в отсутствие `pkg-config` соответствующие параметры для `configure` можно задать в переменных `ICU_CFLAGS` и `ICU_LIBS`, как в этом примере:

```
./configure ... --with-icu ICU_CFLAGS='-I/путь/include' ICU_LIBS='-L/путь/lib -licui18n -licuuc -licudata'
```

(Даже если ICU4C находится в пути поиска, который использует компилятор, тем не менее нужно задать непустое значение, чтобы избежать обращения к `pkg-config`, например, `ICU_CFLAGS=' '`.)

`--with-openssl`

Включает поддержку соединений SSL (зашифрованных). Для этого необходимо установить пакет OpenSSL. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции OpenSSL, прежде чем продолжить.

`--with-pam`

Включает поддержку PAM(Pluggable Authentication Modules, подключаемых модулей аутентификации).

`--with-bsd-auth`

Включает поддержку аутентификации BSD. (Инфраструктура аутентификации BSD в настоящее время доступна только в OpenBSD.)

`--with-ldap`

Включает поддержку LDAP для проверки подлинности и получения параметров соединения (за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.17 и Разделу 20.10). В Unix для этого нужно установить пакет OpenLDAP. В Windows используется стандартная библиотека WinLDAP. Скрипт `configure` проверит наличие необходимых заголовочных файлов и библиотек, чтобы убедиться в целостности инсталляции OpenLDAP, прежде чем продолжить.

`--with-systemd`

Включает поддержку служебных уведомлений для systemd. Это улучшает интеграцию с системой, когда процесс сервера запускается под управлением systemd, и не оказывает никакого влияния в противном случае; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 18.3. Для использования этой поддержки в системе должна быть установлена `libsystemd` с сопутствующими заголовочными файлами.

`--without-readline`

Запрещает использование библиотеки Readline (а также `libedit`). При этом отключается редактирование командной строки и история в `psql`, так что этот вариант не рекомендуется.

`--with-libedit-preferred`

Отдаёт предпочтение библиотеке `libedit` с лицензией BSD, а не Readline (GPL). Этот параметр имеет значение, только если установлены обе библиотеки; по умолчанию в этом случае используется Readline.

`--with-bonjour`

Включает поддержку Bonjour. Для этого Bonjour должен поддерживаться самой операционной системой. Рекомендуется для macOS.

`--with-uuid=БИБЛИОТЕКА`

Собрать модуль `uuid-oss` (предоставляющий функции для генерирования UUID), используя заданную библиотеку `UUID.БИБЛИОТЕКА` может быть следующей:

- `bsd`, чтобы использовались функции получения UUID, имеющиеся во FreeBSD, NetBSD и некоторых других системах на базе BSD
- `e2fs`, чтобы использовалась библиотека получения UUID, созданная в рамках проекта `e2fsprogs`; эта библиотека присутствует в большинстве систем Linux и macOS, также её можно найти и для других платформ.
- `oss`, чтобы использовалась библиотека *OSSP UUID*

`--with-oss-uuid`

Устаревший вариант указания `--with-uuid=oss`.

`--with-libxml`

Собрать с `libxml` (включает поддержку SQL/XML). Для этого требуется `libxml` версии 2.6.23 или новее.

В составе `libxml` устанавливается программа `xml2-config`, с помощью которой можно получить требуемые параметры компилятора и компоновщика. PostgreSQL будет использовать её автоматически, если найдёт. Чтобы указать нестандартное размещение `libxml`, вы можете воспользоваться переменной окружения `XML2_CONFIG` и указать в ней путь к программе `xml2-config` нужной инсталляции, либо задать параметры `--with-includes` и `--with-libraries`.

`--with-libxslt`

Использовать `libxslt` при сборке модуля `xml2`. Библиотека `xml2` задействует её для выполнения XSL-преобразований XML.

`--disable-float4-byval`

Запрещает передачу типа `float4` «по значению», чтобы он передавался «по ссылке». Это снижает быстродействие, но может быть необходимо для совместимости со старыми пользовательскими функциями на языке C, которые используют соглашение о вызовах «версии 0». В качестве более долгосрочного решения лучше модернизировать такие функции, чтобы они использовали соглашение «версии 1».

`--disable-float8-byval`

Запрещает передачу типа `float8` «по значению», чтобы он передавался «по ссылке». Это снижает быстродействие, но может быть необходимо для совместимости со старыми пользовательскими функциями на языке C, которые используют соглашение о вызовах «версии 0». В качестве более долгосрочного решения лучше модернизировать такие функции, чтобы они использовали соглашение «версии 1». Заметьте, что этот параметр влияет не только на `float8`, но и на `int8`, а также некоторые другие типы, например `timestamp`. На 32-битных платформах параметр `--disable-float8-byval` действует по умолчанию и задать `--enable-float8-byval` нельзя.

`--with-segsize=РАЗМЕР_СЕКМЕНТА`

Задаёт *размер сегмента* (в гигабайтах). Сервер делит большие таблицы на несколько файлов в файловой системе, ограничивая размер каждого данным размером сегмента. Это позволяет обойти ограничения на размер файлов, существующие на многих платформах. Размер сегмента по умолчанию, 1 гигабайт, безопасен для всех поддерживаемых платформ. Если же ваша операционная система поддерживает «большие файлы» (а сегодня это поддерживают почти все), вы можете установить больший размер сегмента. Это позволит умень-

шить число файловых дескрипторов, используемых при работе с очень большими таблицами. Но будьте осторожны, чтобы выбранное значение не превысило максимум, поддерживаемый вашей платформой и файловыми системами, которые вы будете применять. Возможно, допустимый размер файла будет ограничиваться и другими утилитами, которые вы захотите использовать, например tar. Рекомендуются, хотя и не требуется, чтобы это значение было степенью 2. Заметьте, что при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--with-blocksize=РАЗМЕР_БЛОКА`

Задаёт *размер блока* (в килобайтах). Эта величина будет единицей хранения и ввода/вывода данных таблиц. Значение по умолчанию, 8 килобайт, достаточно универсально; но в особых случаях может быть оправдан другой размер блока. Это значение должно быть степенью 2 от 1 до 32 (в килобайтах). Заметьте, что при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--with-wal-blocksize=РАЗМЕР_БЛОКА`

Задаёт *размер блока WAL* (в килобайтах) Эта величина будет единицей хранения и ввода/вывода записей WAL. Значение по умолчанию, 8 килобайт, достаточно универсально; но в особых случаях может быть оправдан другой размер блока. Это значение должно быть степенью 2 от 1 до 64 (в килобайтах). Заметьте, что при изменении значения требуется выполнить initdb.

`--disable-spinlocks`

Позволяет провести сборку, если PostgreSQL не может воспользоваться циклическими блокировками CPU на данной платформе. Отсутствие таких блокировок приводит к снижению производительности, поэтому использовать этот вариант следует, только если сборка прерывается и выдаётся сообщение, что ваша платформа эти блокировки не поддерживает. Если вы не можете собрать PostgreSQL на вашей платформе без этого указания, сообщите о данной проблеме разработчикам PostgreSQL.

`--disable-strong-random`

Разрешает производить сборку, даже если в PostgreSQL отсутствует поддержка генерирования криптографически стойких случайных ключей на данной платформе. Источник случайных чисел необходим для некоторых протоколов аутентификации, а также некоторых функций в модуле pgcrypto. Ключ `--disable-strong-random` отключает функциональность, требующую криптографически стойкие случайные числа, и задействует для получения соли и ключей отмены запросов слабый генератор псевдослучайных чисел. Это может сделать аутентификацию менее безопасной.

`--disable-thread-safety`

Отключает потокобезопасное поведение клиентских библиотек. При этом параллельные потоки программ на базе libpq и ECPG не будут безопасно контролировать собственные дескрипторы соединений.

`--with-system-tzdata=КАТАЛОГ`

В PostgreSQL включена собственная база данных часовых поясов, необходимая для операций с датой и временем. На самом деле эта база данных совместима с базой часовых поясов IANA, поставляемой в составе многих операционных систем FreeBSD, Linux, Solaris, поэтому устанавливать её дополнительно может быть излишне. С этим параметром вместо базы данных, включённой в пакет исходного кода PostgreSQL, будет использоваться системная база данных часовых поясов, находящаяся в заданном *КАТАЛОГЕ*. *КАТАЛОГ* должен задаваться абсолютным путём (в ряде операционных систем принят путь `/usr/share/zoneinfo`). Заметьте, что процедура установки не будет проверять несоответствия или ошибки в данных часовых поясов. Поэтому, используя этот параметр, рекомендуется выполнить регрессионные тесты, чтобы убедиться, что выбранная вами база данных часовых поясов работает корректно с PostgreSQL.

Этот параметр в основном предназначен для тех, кто собирает двоичные пакеты для дистрибутивов и хорошо знает свою операционную систему. Основной плюс от использования системных данных в том, что пакет PostgreSQL не придётся обновлять при изменениях местных определений часовых поясов. Ещё один плюс заключается в упрощении кросс-компиляции, так как при инсталляции не требуется собирать базу данных часовых поясов.

`--without-zlib`

Запрещает использование библиотеки Zlib. При этом отключается поддержка сжатых архивов утилитами `pg_dump` и `pg_restore`. Этот параметр предназначен только для тех редких систем, в которых нет этой библиотеки.

`--enable-debug`

Включает компиляцию всех программ и библиотек с отладочными символами. Это значит, что вы сможете запускать программы в отладчике для анализа проблем. При такой компиляции размер установленных исполняемых файлов значительно увеличивается, а компиляторы, кроме GCC, обычно отключают оптимизацию, что снижает быстродействие. Однако, наличие отладочных символов очень полезно при решении возможных проблем любой сложности. В настоящее время рекомендуется использовать этот параметр для производственной среды, только если применяется компилятор GCC. Но если вы занимаетесь разработкой или испытываете бета-версию, его следует использовать всегда.

`--enable-coverage`

При использовании GCC все программы и библиотеки компилируются с инструментарием, оценивающим покрытие кода тестами. Если его запустить, в каталоге сборки будут сформированы файлы с метриками покрытия кода. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.5. Этот параметр предназначен только для GCC и только для использования в процессе разработки.

`--enable-profiling`

При использовании GCC все программы и библиотеки компилируются так, чтобы их можно было профилировать. В результате по завершении серверного процесса будет создаваться подкаталог с файлом `gmon.out` для профилирования. Этот параметр предназначен только для GCC и только для тех, кто занимается разработкой.

`--enable-cassert`

Включает для сервера проверочные *утверждения*, проверяющие множество условий, которые «не должны происходить». Это бесценно в процессе разработке кода, но эти проверки могут значительно замедлить работу сервера. Кроме того, включение этих проверок не обязательно увеличит стабильность вашего сервера! Проверочные утверждения не категоризируются по важности, поэтому относительно безвредная ошибка может привести к перезапуску сервера, если утверждение не выполнится. Применять это следует, только если вы занимаетесь разработкой или испытываете бета-версию, но не в производственной среде.

`--enable-depend`

Включает автоматическое отслеживание зависимостей. С этим параметром скрипты Makefile настраиваются так, чтобы при изменении любого заголовочного файла пересобирались все зависимые объектные файлы. Это полезно в процессе разработки, но если вам нужно только скомпилировать и установить сервер, это будет лишней тратой времени. В настоящее время это работает только с GCC.

`--enable-dtrace`

Включает при компиляции PostgreSQL поддержку средства динамической трассировки DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 28.5.

Задать расположение программы `dtrace` можно в переменной окружения `DTRACE`. Часто это необходимо, потому что `dtrace` обычно устанавливается в каталог `/usr/sbin`, который может отсутствовать в пути поиска.

Дополнительные параметры командной строки для `dtrace` можно задать в переменной окружения `DTRACEFLAGS`. В Solaris, чтобы включить поддержку DTrace для 64-битной сборки, необходимо передать `configure` параметр `DTRACEFLAGS="-64"`. Например, с компилятором GCC:

```
./configure CC='gcc -m64' --enable-dtrace DTRACEFLAGS='-64' ...
```

С компилятором Sun:

```
./configure CC='/opt/SUNWspro/bin/cc -xtarget=native64' --enable-dtrace
DTRACEFLAGS='-64' ...
```

```
--enable-tap-tests
```

Включает тесты по технологии Perl TAP. Для этого у вас должен быть установлен Perl и модуль `IPC::Run`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 33.4.

Если вы предпочитаете компилятор C, отличный от выбираемого скриптом `configure`, укажите его в переменной `CC`. По умолчанию `configure` выбирает `gcc` (если он находится) или стандартный компилятор платформы (обычно `cc`). Подобным образом, при необходимости можно переопределить флаги компилятора по умолчанию с помощью переменной `CFLAGS`.

Вы можете задать переменные окружения в командной строке `configure`, например, так:

```
./configure CC=/opt/bin/gcc CFLAGS='-O2 -pipe'
```

Ниже приведён список значимых переменных, которые можно установить таким образом:

BISON

Программа Bison

CC

компилятор C

CFLAGS

параметры, передаваемые компилятору C

CLANG

путь к программе `clang`, которая будет подготавливать исходный код для встраивания при компиляции с ключом `--with-llvm`

CPP

препроцессор C

CPPFLAGS

параметры, передаваемые препроцессору C

CXX

компилятор C++

CXXFLAGS

параметры, передаваемые компилятору C++

DTRACE

расположение программы `dtrace`

DTRACEFLAGS

параметры, передаваемые программе `dtrace`

FLEX

программа `Flex`

LDFLAGS

параметры, которые должны использоваться при компоновке исполняемых программ или разделяемых библиотек

LDFLAGS_EX

дополнительные параметры для компоновки только исполняемых программ

LDFLAGS_SL

дополнительные параметры для компоновки только разделяемых библиотек

LLVM_CONFIG

Программа `llvm-config` помогает найти инсталляцию LLVM.

MSGFMT

расположение программы `msgfmt` для поддержки национальных языков

PERL

Полный путь к интерпретатору Perl. Он помогает определить зависимости для сборки PL/Perl.

PYTHON

Полный путь к интерпретатору Python. Он помогает определить зависимости для сборки PL/Python. Кроме того, выбранная таким образом (или неявно как-то ещё) версия Python, 2 или 3, определяет вариацию языка PL/Python, которая будет доступна. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 46.1.

TCLSH

Полный путь к интерпретатору Tcl. Он помогает определить зависимости для сборки PL/Tcl и будет подставляться в скрипты Tcl.

XML2_CONFIG

Программа `xml2-config` помогает найти инсталляцию `libxml`.

Иногда может быть полезно добавить флаги компилятора к набору флагов, ранее заданному на этапе `configure`. В частности, эта потребность объясняется тем, что параметр `gcc -Werror` нельзя указать в переменной `CFLAGS`, передаваемой `configure`, так как в результате сломаются многие встроенные тесты `configure`. Чтобы добавить такие флаги, задайте их в переменной среды `COPT` при запуске `make`. Содержимое `COPT` будет добавлено в параметры `CFLAGS` и `LDFLAGS`, заданные скриптом `configure`. Например, вы можете выполнить:

```
make COPT='-Werror'
```

или

```
export COPT='-Werror'
```

make

Примечание

Разрабатывая внутренний код сервера, рекомендуется использовать указания `configure --enable-cassert` (которое включает множество проверок во время выполнения) и `--enable-debug` (которое упрощает использование средств отладки).

Используя GCC, лучше выполнять сборку с уровнем оптимизации не ниже `-O1`, так как без оптимизации (`-O0`) отключаются некоторые важные предупреждения компилятора (например, об использовании неинициализированных переменных). Однако оптимизация ненулевого уровня может затруднить отладку, так как при пошаговом выполнении скомпилированный код обычно не соответствует в точности строкам исходного кода. При возникновении сложностей с отладкой оптимизированного кода, перекомпилируйте интересующие вас файлы с ключом `-O0`. Это можно сделать, просто передав соответствующий параметр `make`: `make PROFILE=-O0 file.o`.

На самом деле переменные окружения `COPT` и `PROFILE` обрабатываются сборочными файлами `Makefile PostgreSQL` одинаково. Поэтому выбор одной из этих переменных — дело вкуса, но обычно разработчики используют `PROFILE` для одноразовых корректив флагов, а содержимое `COPT` сохраняют постоянным.

2. Сборка

Чтобы запустить сборку, введите одну из двух команд:

```
make
make all
```

(Помните, что нужно использовать GNU make.) Сборка займёт несколько минут, в зависимости от мощности вашего компьютера. В конце должно появиться сообщение:

```
All of PostgreSQL successfully made. Ready to install.
```

(Весь PostgreSQL собран успешно и готов к установке.)

Если вы хотите собрать всё, что может быть собрано, включая документацию (страницы HTML и `man`) и дополнительные модули (`contrib`), введите:

```
make world
```

В конце должно появиться сообщение:

```
PostgreSQL, contrib and documentation successfully made. Ready to install.
```

(PostgreSQL, `contrib` и документация собраны успешно и готовы к установке.)

Если вы хотите вызывать сборку из другого сборочного файла, а не вручную, вы должны сбросить переменную `MAKELEVEL` или присвоить ей 0, например так:

```
build-postgresql:
    $(MAKE) -C postgresql MAKELEVEL=0 all
```

Если этого не сделать, могут выдаваться странные ошибки, обычно с сообщениями о недостающих заголовочных файлах.

3. Регрессионные тесты

Если вы хотите протестировать только что собранный сервер, прежде чем устанавливать его, на этом этапе вы можете запустить регрессионные тесты. Регрессионные тесты — это комплектов тестов, проверяющих, что PostgreSQL работает на вашем компьютере так, как задумано разработчиками. Введите:

make check

(Это должен выполнять обычный пользователь, не root.) Как интерпретировать результаты проверки, подробно описывается в Главе 33. Вы можете повторить эту проверку позже в любой момент, выполнив ту же команду.

4. Установка файлов**Примечание**

Если вы обновляете существующую систему, обязательно прочитайте инструкции по обновлению кластера, приведённые в Раздел 18.6.

Чтобы установить PostgreSQL, введите:

make install

При этом файлы будут установлены в каталоги, заданные в Шаг 1. Убедитесь в том, что у вас есть соответствующие разрешения для записи туда. Обычно это действие нужно выполнять от имени root. Также возможно заранее создать целевые каталоги и дать требуемый доступ к ним.

Чтобы установить документацию (HTML и страницы man), введите:

make install-docs

Если вы собирали цель world, введите вместо этого:

make install-world

При этом также будет установлена документация.

Вы можете запустить `make install-strip` вместо `make install`, чтобы убрать лишнее из устанавливаемых исполняемых файлов и библиотек. Это позволит сэкономить немного места. Если вы выполняете сборку для отладки, при этом фактически вырежется поддержка отладки, поэтому этот вариант подходит только если отладка больше не планируется. Процедура `install-strip` пытается оптимизировать объём разумными способами, но не рассчитывайте, что она способна удалить каждый ненужный байт из исполняемого файла. Если вы хотите освободить как можно больше места, вам придётся проделать это вручную.

При стандартной установке в систему устанавливаются все заголовочные файлы для разработки клиентских приложений, а также программ на стороне сервера, в частности, собственных функций или типов данных, реализованных на C. (До PostgreSQL 8.0 для этого требовалось выполнить `make install-all-headers`, но сейчас это включено в стандартную установку.)

Установка только клиентской части: Если вы хотите установить только клиентские приложения и интерфейсные библиотеки, можно выполнить эти команды:

```
make -C src/bin install
make -C src/include install
make -C src/interfaces install
make -C doc install
```

В `src/bin` есть несколько программ, применимых только на сервере, но они очень малы.

Удаление: Чтобы отменить установку, воспользуйтесь командой `make uninstall`. Однако созданные каталоги при этом удалены не будут.

Очистка: После установки вы можете освободить место на диске, удалив файлы сборки из дерева исходного кода, выполнив `make clean`. При этом файлы, созданные программой `configure`, будут сохранены, так что позже вы сможете пересобрать всё заново, выполнив `make`. Чтобы сбросить дерево исходного кода к состоянию, в котором оно распространяется, выполните `make distclean`. Если вы намерены выполнять сборку одного дерева исходного кода для нескольких платформ, вам

придётся делать это и переконфигурировать сборочную среду для каждой. (Также можно использовать отдельное дерево сборки для каждой платформы, чтобы дерево исходного кода оставалось неизменным.)

Если в процессе сборки вы обнаружите, что заданные вами параметры `configure` оказались ошибочными, либо вы изменили что-то, от чего зависит работа `configure` (например, обновили пакеты), стоит выполнить `make distclean`, прежде чем переконфигурировать и пересобрать всё заново. Если этого не сделать, ваши изменения в конфигурации могут распространиться не везде, где они важны.

16.5. Действия после установки

16.5.1. Разделяемые библиотеки

В некоторых системах с разделяемыми библиотеками необходимо указать системе, как найти недавно установленные разделяемые библиотеки. К числу систем, где это *не* требуется, относятся FreeBSD, HP-UX, Linux, NetBSD, OpenBSD и Solaris.

Путь поиска разделяемых библиотек на разных платформах может устанавливаться по-разному, но наиболее распространённый способ — установить переменную окружения `LD_LIBRARY_PATH`, например так: в оболочках Bourne (`sh`, `ksh`, `bash`, `zsh`):

```
LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/pgsql/lib
export LD_LIBRARY_PATH
```

или в `csh`, `tcsh`:

```
setenv LD_LIBRARY_PATH /usr/local/pgsql/lib
```

Замените `/usr/local/pgsql/lib` значением, переданным Шаг 1 в `--libdir`. Эти команды следует поместить в стартовый файл оболочки, например, в `/etc/profile` или `~/.bash_profile`. Полезные предостережения об использовании этого метода приведены на странице http://xahlee.info/UnixResource_dir/_ldpath.html.

В некоторых системах предпочтительнее установить переменную окружения `LD_RUN_PATH` до сборки.

В Cygwin добавьте каталог с библиотеками в `PATH` или переместите файлы `.dll` в каталог `bin`.

В случае сомнений обратитесь к страницам руководства по вашей системе (возможно, к справке по `ld.so` или `rld`). Если вы позже получаете сообщение:

```
psql: error in loading shared libraries
libpq.so.2.1: cannot open shared object file: No such file or directory
```

(`psql`: ошибка при загрузке разделяемых библиотек `libpq.so.2.1`: не удалось открыть разделяемый объектный файл: Нет такого файла или каталога), значит этот шаг был необходим. Тогда вам просто нужно вернуться к нему.

Если вы используете Linux и имеете права `root`, вы можете запустить:

```
/sbin/ldconfig /usr/local/pgsql/lib
```

(возможно, с другим каталогом) после установки, чтобы механизм связывания во время выполнения мог найти разделяемые библиотеки быстрее. За дополнительными сведениями обратитесь к странице руководства по `ldconfig`. Во FreeBSD, NetBSD и OpenBSD команда будет такой:

```
/sbin/ldconfig -m /usr/local/pgsql/lib
```

В других системах подобной команды может не быть.

16.5.2. Переменные окружения

Если целевым каталогом был выбран `/usr/local/pgsql` или какой-то другой, по умолчанию отсутствующий в пути поиска, вам следует добавить `/usr/local/pgsql/bin` (или другой путь, передан-

ный Шаг 1 в указании `--bindir`) в вашу переменную `PATH`. Строго говоря, это не обязательно, но при этом использовать PostgreSQL будет гораздо удобнее.

Для этого добавьте в ваш скрипт запуска оболочки, например `~/.bash_profile` (или в `/etc/profile`, если это нужно всем пользователям):

```
PATH=/usr/local/pgsql/bin:$PATH
export PATH
```

Для оболочек `csh` или `tcsh` команда должна быть такой:

```
set path = ( /usr/local/pgsql/bin $path )
```

Чтобы ваша система могла найти документацию `man`, вам нужно добавить в скрипт запуска оболочки примерно следующие строки, если только она не установлена в размещение, просматриваемое по умолчанию:

```
MANPATH=/usr/local/pgsql/share/man:$MANPATH
export MANPATH
```

Переменные окружения `PGHOST` и `PGPORT` задают для клиентских приложений адрес компьютера и порт сервера базы данных, переопределяя стандартные значения. Если планируется запускать клиентские приложения удалённо, пользователям, которые будут использовать определённый сервер, будет удобно, если они установят `PGHOST`. Однако это не обязательно, так как большинство клиентских программ могут принять эти параметры через аргументы командной строки.

16.6. Поддерживаемые платформы

Платформа (то есть комбинация архитектуры процессора и операционной системы) считается поддерживаемой сообществом разработчиков PostgreSQL, если код адаптирован для работы на этой платформе, и он в настоящее время успешно собирается и проходит регрессионные тесты на ней. В настоящее время тестирование совместимости в основном выполняется автоматически в *Ферме сборки PostgreSQL*. Если вы заинтересованы в использовании PostgreSQL на платформе, ещё не представленной в ферме сборки, но уверены, что код на ней работает или может работать, мы очень хотели бы, чтобы вы включили в ферму сборки свой компьютер с этой платформой для постоянной гарантии совместимости.

Вообще следует ожидать, что PostgreSQL будет работать на процессорах следующих архитектур: `x86`, `x86_64`, `IA64`, `PowerPC`, `PowerPC 64`, `S/390`, `S/390x`, `Sparc`, `Sparc 64`, `ARM`, `MIPS`, `MIPSEL` и `PARISC`. Есть также код для поддержки `M68K`, `M32R` и `VAX`, но неизвестно, проверялась ли его работа в последнее время. Часто сервер можно собрать для неподдерживаемого типа процессора, сконфигурировав сборку с указанием `--disable-spinlocks`, но производительность при этом будет неудовлетворительной.

Также следует ожидать, что сервер PostgreSQL будет работать в следующих операционных системах: `Linux` (все последние дистрибутивы), `Windows` (`Win2000 SP4` и новее), `FreeBSD`, `OpenBSD`, `NetBSD`, `macOS`, `AIX`, `HP/UX` и `Solaris`. Возможна также работа в других Unix-подобных системах, но в настоящее время она не проверяется. При этом в большинстве случаев он будет работать на процессорах всех архитектур, поддерживаемых данной операционной системой. Перейдите к Разделу 16.7 и проверьте, нет ли там замечаний, относящихся именно к вашей операционной системе, особенно если вы используете не самую новую систему.

Если вы столкнулись с проблемами установки на платформе, которая считается поддерживаемой согласно последним результатам сборки в нашей ферме, пожалуйста, сообщите о них по адресу pgsql-bugs@postgresql.org. Если вы заинтересованы в переносе PostgreSQL на новую платформу, обсудить это можно в рассылке pgsql-hackers@postgresql.org.

16.7. Замечания по отдельным платформам

В этом разделе приведены дополнительные замечания по отдельным платформам, связанные с установкой и подготовкой к работе PostgreSQL. Обязательно изучите ещё инструкции по установ-

ке, в частности Раздел 16.2. Также обратитесь к Главе 33, где рассказывается, как прочитать результаты регрессионных тестов.

Если какие-то платформы здесь не упоминаются, значит каких-либо известных особенностей установки в них нет.

16.7.1. AIX

PostgreSQL работает в AIX, но установить его правильно может быть непростой задачей. Поддерживаемыми считаются версии AIX с 4.3.3 до 6.1. Для сборки вы можете применить GCC или собственный компилятор IBM `xlc`. Вообще говоря, полезно использовать последние версии AIX и PostgreSQL. Получить актуальную информацию о версиях AIX, работа в которых проверена на данный момент, можно на сайте фермы сборки.

Минимальные рекомендуемые уровни исправлений для поддерживаемых версий AIX:

AIX 4.3.3

Эксплуатационный уровень (ML) 11 + пакет исправлений после ML11

AIX 5.1

Эксплуатационный уровень (ML) 9 + пакет исправлений после ML9

AIX 5.2

Технологический уровень (TL) 10, Пакет обновлений (SP) 3

AIX 5.3

Технологический уровень (TL) 7

AIX 6.1

Базовый уровень

Чтобы проверить ваш текущий уровень исправлений, выполните `oslevel -r` в AIX версии с 4.3.3 по 5.2 ML 7, либо `oslevel -s` в более поздних версиях.

Если Readline или `libz` у вас установлены не в `/usr/local`, передайте `configure` следующие ключи в дополнение к вашим: `--with-includes=/usr/local/include` `--with-libraries=/usr/local/lib`.

16.7.1.1. Особенности использования GCC

В AIX 5.3 наблюдались проблемы с компиляцией и запуском PostgreSQL с использованием GCC.

Для успешной сборки вам потребуется GCC версии новее 3.3.2, особенно, если вы используете версию из системного пакета. Мы добивались успеха с 4.0.1. Проблемы с предыдущими версиями, судя по всему, были связаны больше с тем, как IBM упаковала GCC, а не собственно с GCC, поэтому если вы скомпилируете GCC самостоятельно, положительный исход возможен и с ранней версией GCC.

16.7.1.2. Неработающие Unix-сокеты

В AIX 5.3 была проблема с размером структуры `sockaddr_storage`. В версии 5.3 IBM увеличила размер `sockaddr_un`, структуры адреса для Unix-сокетов, но не увеличила соответственно размер `sockaddr_storage`. В итоге при попытке PostgreSQL использовать Unix-сокеты происходило переполнение этой структуры в `libpq`. Подключение через TCP/IP устанавливается корректно, а через Unix-сокеты — нет, и в результате регрессионные тесты не проходят.

Об этой проблеме было сообщено IBM, она зафиксирована в отчёте об ошибке PMR29657. Если вы обновите систему до эксплуатационного уровня 5300-03 или новее, она получит соответствующее исправление. В качестве временного решения можно присвоить `_SS_MAXSIZE` значение 1025 в `/usr/include/sys/socket.h`. В любом случае, после исправления этого заголовочного файла перекомпилируйте PostgreSQL.

16.7.1.3. Проблемы с сетевыми адресами

PostgreSQL пользуется системной функцией `getaddrinfo` для разбора IP-адресов, указанных в параметре `listen_addresses`, файле `pg_hba.conf` и т. д. В старых версиях AIX эта функция работала некорректно. Если вы столкнулись с проблемами в этой области, обновление до уровня исправлений AIX, обозначенного выше, должно решить их.

Один пользователь сообщает:

Используя PostgreSQL версии 8.1 в AIX 5.3, мы периодически сталкивались с тем, что сборщик статистики «загадочным образом» не запускается. Кажется, это результат незапланированного поведения реализации IPv6. Похоже, что PostgreSQL и IPv6 не дружат в AIX 5.3.

Для «решения» проблемы можно выполнить одно из следующих действий.

- Удалите адрес IPv6 для localhost:

```
(от имени root)
# ifconfig lo0 inet6 ::1/0 delete
```

- Удалите IPv6 из сетевых сервисов. Файл `/etc/netsvc.conf` в AIX примерно соответствует файлу `/etc/nsswitch.conf` в Solaris/Linux. По умолчанию в AIX он выглядит так:

```
hosts=local,bind
```

Чтобы отключить поиск адресов IPv6, замените его содержимое следующим:

```
hosts=local4,bind4
```

Предупреждение

К этим временным решениям приходилось прибегать из-за проблем, связанных с сырой реализацией IPv6, которая заметно улучшилась в последующих выпусках AIX 5.3. Эти решения работали в AIX версии 5.3, но они конечно далеки от идеальных. Кроме того, сообщалось, что они не только не требуются, но и приводят к другим проблемам в AIX 6.1, где поддержка IPv6 стала более зрелой.

16.7.1.4. Управление памятью

Иногда управление памятью в AIX может работать несколько странно. В системе может быть свободно несколько гигабайт ОЗУ, но при запуске приложений всё равно возможны ошибки, связанные с адресным пространством или нехваткой памяти. В частности, необычные ошибки могут возникать при загрузке расширений. Например, при выполнении от имени владельца инсталляции PostgreSQL:

```
=# CREATE EXTENSION plperl;
ERROR:  could not load library "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": A memory address is not
in the address space for the process.
```

(ОШИБКА: не удалось загрузить библиотеку `/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so`: Адрес памяти находится не в адресном пространстве процесса.) При выполнении от имени не владельца, а члена группы-владельца инсталляции PostgreSQL:

```
=# CREATE EXTENSION plperl;
ERROR:  could not load library "/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so": Bad address
```

(ОШИБКА: не удалось загрузить библиотеку `/opt/dbs/pgsql/lib/plperl.so`: Неверный адрес) Также сообщения о нехватке могут появляться в журнале PostgreSQL при попытке выделить блок памяти размером около 256 МиБ или больше.

Общая причина всех этих проблем связана с битностью и моделью памяти серверного процесса. По умолчанию все исполняемые файлы для AIX собираются как 32-битные, вне зависимости от того, какой тип оборудования или ядра используется. Такие 32-битные процессы ограничиваются

общим пространством в 4 ГиБ, разделённым на сегменты по 256 МиБ, по одной из нескольких моделей. По умолчанию в куче можно выделить меньше 256 МиБ, так как она разделяет один сегмент со стеком.

В ситуации с показанным выше примером `plperl` проверьте `umask` и разрешения, назначенные для двоичных файлов в вашей инсталляции PostgreSQL. Задействованные в данном примере двоичные файлы были 32-битными и установились с режимом 750 вместо 755. Из-за таких разрешений только владелец или член группы-владельца могли загрузить требуемую библиотеку. Так как она недоступна для чтения всем, загрузчик помещал этот объект в область кучи процесса, а не в сегменты разделяемых библиотек, где он должен находиться.

В «идеале» эту проблему можно решить, если использовать 64-битную сборку PostgreSQL, но это не всегда практично, так как с 32-битным процессором нельзя будет запустить 64-битный код (можно только собрать).

При желании использовать 32-битную версию сервера установите в `LDR_CNTRL` значение `MAXDATA=0xn0000000`, где $1 \leq n \leq 8$, до запуска PostgreSQL, и попробуйте подобрать подходящее значение и параметры `postgresql.conf`. Переменная окружения `LDR_CNTRL` говорит AIX, что вы хотите, чтобы сервер получил `MAXDATA` байт для области кучи, в сегментах по 256 МиБ. Подбрав рабочее значение, можно воспользоваться `ldedit` и модифицировать двоичные файлы, чтобы они использовали такой размер кучи по умолчанию. Тот же эффект можно получить, пересобрав PostgreSQL с указанием `configure LDFLAGS="-Wl, -bmaxdata:0xn0000000"`.

Для 64-битной сборки определите переменную `OBJECT_MODE` со значением 64 и передайте `configure` указания `CC="gcc -maix64"` и `LDFLAGS="-Wl, -bbigtoc"`. (Для `xlc` параметры могут быть другими.) Если нужное значение `OBJECT_MODE` не будет экспортировано, при сборке могут произойти ошибки на стадии компоновки. Когда переменная `OBJECT_MODE` установлена, она говорит сборочным утилитам AIX, таким как `ar`, `as` и `ld`, какие типы объектов обрабатывать по умолчанию.

По умолчанию система может чрезмерно выделять память в пространстве подкачки. Хотя нам не приходилось с этим сталкиваться, AIX уничтожает процессы при попытке обращения к чрезмерно выделенной памяти, когда её фактически не хватает. Наиболее близкое, что мы наблюдали, была ошибка порождения процесса из-за того, что система решала, что для него не хватает памяти. Как и многие другие компоненты AIX, механизмы распределения пространства подкачки и уничтожения процессов при нехватке памяти можно настроить на уровне системы или процесса, если возникают подобные проблемы.

Ссылки и ресурсы

«*Large Program Support*». Документация AIX: Общие концепции программирования: Написание и отладка программ.

«*Program Address Space Overview*». Документация AIX: Общие концепции программирования: Написание и отладка программ.

«*Performance Overview of the Virtual Memory Manager (VMM)*». Документация AIX: Руководство по управлению производительностью.

«*Page Space Allocation*». Документация AIX: Руководство по управлению производительностью.

«*Paging-space thresholds tuning*». Документация AIX: Руководство по управлению производительностью.

Developing and Porting C and C++ Applications on AIX. Красная книга IBM.

16.7.2. Cygwin

PostgreSQL можно собрать с применением Cygwin, Linux-подобной среды для Windows, но сейчас этому методу предпочитается обычная сборка в Windows (см. Главу 17), и запускать сервер в среде Cygwin более не рекомендуется.

Выполняя сборку, следуйте обычной процедуре установки (т. е., `./configure`; `make`; и т. д.), с учётом следующих особенностей Cygwin:

- Настройте путь поиска так, чтобы каталог `bin` в Cygwin стоял перед каталогами утилит Windows. Это поможет избавиться от проблем при компиляции.
- Команда `adduser` не поддерживается; воспользуйтесь соответствующим средством управления пользователями для Windows NT, 2000 или XP. Либо просто пропустите этот шаг.
- Команда `su` не поддерживается; для эмуляции `su` в Windows NT, 2000 или XP воспользуйтесь `ssh`. Либо пропустите этот шаг.
- OpenSSL не поддерживается.
- Запустите `cygserver` для поддержки разделяемой памяти. Для этого введите команду `/usr/sbin/cygserver &`. Эта программа должна работать всегда при запуске сервера PostgreSQL или инициализации кластера баз данных (`initdb`). Возможно, вам придётся настроить конфигурацию `cygserver` (например, увеличить `SEMMNS`), чтобы PostgreSQL мог получить требуемые системные ресурсы.
- Сборка может завершиться ошибкой в некоторых системах, где используется локаль, отличная от C. Чтобы исправить это, выберите локаль C, выполнив `export LANG=C.utf8` до сборки, а затем восстановите предыдущее значение после установки PostgreSQL.
- Параллельные регрессионные тесты (`make check`) могут выдавать ложные ошибки тестирования при переполнении очереди `listen()`, из-за чего подключения могут не устанавливаться или зависать. Вы можете ограничить число подключений, определив переменную `make MAX_CONNECTIONS` так:

```
make MAX_CONNECTIONS=5 check
```

(В некоторых системах поддерживается до 10 одновременных подключений).

Сервер PostgreSQL и `cygserver` можно запустить в виде служб Windows NT. Как это сделать, рассказывается в описании README, включённом в двоичный пакет PostgreSQL для Cygwin. Оно устанавливается в каталог `/usr/share/doc/Cygwin`.

16.7.3. HP-UX

PostgreSQL 7.3+ должен работать на машинах Series 700/800 PA-RISC под управлением HP-UX 10.X или 11.X, с подходящими уровнями системных исправлений и средствами сборки. Как минимум один разработчик регулярно тестирует сборку в HP-UX 10.20, и мы получали сообщения об успешных установках в HP-UX 11.00 и 11.11.

Помимо пакета исходного кода PostgreSQL, вам потребуется GNU make (HP make не подойдёт) и GCC или полный компилятор ANSI C от HP. Если вы намерены выполнить сборку не из дистрибутивного пакета исходного кода, а из Git, вам также потребуется Flex (GNU lex) и Bison (GNU yacc). Мы также рекомендуем убедиться, что у вас установлены довольно свежие исправления HP. Для сборки 64-битного кода в HP-UX 11.11 вам потребуется PHSS_30966 (11.11) или более новое исправление, без него `initdb` может зависать. Как правило, для сборки нужно иметь текущие исправления `libc` и `ld/dld`, а также компилятора (если вы используете компилятор HP). Получить эти исправления бесплатно можно на сайтах поддержки HP (например здесь: <ftp://us-ffs.external.hp.com/>).

Если вы проводите сборку на машине PA-RISC 2.0 и хотите получить 64-битный исполняемый код, вы должны использовать 64-битную версию GCC.

Если вы проводите сборку на машине PA-RISC 2.0 и хотите, чтобы скомпилированный код запускался на машинах PA-RISC 1.1, также потребуется указать `+Daportable` в `CFLAGS`.

Если вы проводите сборку на машине HP-UX Itanium, вам потребуется последний компилятор ANSI C от HP с соответствующим исправлением или более новыми:

PHSS_30848 s700_800 HP C Compiler (A.05.57)

```
PHSS_30849 s700_800 u2comp/be/plugin library Patch
```

Если вы используете компилятор HP C и GCC, может потребоваться явно выбрать предпочитаемый компилятор при запуске `configure`:

```
./configure CC=cc
```

для использования компилятора C от HP, либо

```
./configure CC=gcc
```

для выбора GCC. При отсутствии явного указания `configure` выберет `gcc`, если есть такая возможность.

По умолчанию целевой каталог установки — `/usr/local/pgsql`, но вы, возможно, захотите его изменить на другой, внутри `/opt`. В этом случае передайте его `configure` с ключом `--prefix`.

В регрессионных тестах возможны отклонения при геометрических проверках, в наименее значащих цифрах, в зависимости от применяемого компилятора и математической библиотеки. Любые другие ошибки заслуживают внимания.

16.7.4. macOS

В последних версиях macOS необходимо включать путь «sysroot» во флаги `include`, позволяющие найти некоторые системные заголовочные файлы. Как результат, вывод скрипта `configure` может меняться в зависимости от того, какая версия SDK использовалась в процессе `configure`. Это не должно создавать никаких проблем в простых сценариях, но если вы попытаетесь, например, собрать расширение не на той машине, где был собран серверный код, то может потребоваться явно указать другой путь `sysroot`. В этом случае установите `PG_SYSROOT`, например, так:

```
make PG_SYSROOT=/требуемый/путь all
```

Чтобы узнать правильный путь на вашей машине, выполните:

```
xcodebuild -version -sdk macosx Path
```

Заметьте, что собирать расширения с версией `sysroot`, отличной от той, с которой собиралось ядро сервера, не рекомендуется; в худшем случае это приведёт к труднодиагностируемым несогласованностям ABI.

Также при конфигурировании вы можете задать `sysroot`, отличный от подразумеваемого по умолчанию, передав `PG_SYSROOT` скрипту `configure`:

```
./configure ... PG_SYSROOT=/требуемый/путь
```

Функциональность «Защита целостности системы» (System Integrity Protection, SIP) в macOS нарушает работу `make check`, так как она не позволяет передавать нужное значение `DYLD_LIBRARY_PATH` тестируемым исполняемым файлам. Обойти эту проблему можно, выполнив `make install` перед `make check`. Однако большинство разработчиков Postgres просто отключают SIP.

16.7.5. MinGW/Собственная сборка Windows

PostgreSQL для Windows можно собрать с использованием MinGW, Unix-подобной среды сборки для операционных систем Microsoft, либо используя набор средств разработки Microsoft Visual C++. При использовании MinGW применяется обычная система сборки, описанная в этой главе; сборка Visual C++ выполняется по-другому, как описано в Главе 17. Это полностью естественная сборка для Windows, для которой не требуется дополнительное ПО вроде MinGW. Готовый инсталлятор для Windows можно найти на сайте PostgreSQL.

PostgreSQL, портированный в Windows, будет работать в 32- или 64-битной версии Windows 2000 или новее. В предыдущих операционных системах нет достаточной инфраструктуры (но там можно использовать Cygwin). MinGW, Unix-подобные средства сборки, и MSYS, набор утилит Unix, требуемых для исполнения скриптов типа `configure`, можно загрузить с сайта <http://www.mingw.org/>.

Эти дополнительные программы нужны только для сборки, для запуска полученных исполняемых файлов они не требуются.

Чтобы собрать 64-битную версию с использованием MinGW, установите набор 64-битных утилит с <https://mingw-w64.org/>, добавьте путь к его каталогу bin в PATH и запустите configure с параметром `--host=x86_64-w64-mingw32`.

Когда вы всё установите, запускать `psql` предлагается из `CMD.EXE`, так как в консоли MSYS есть проблемы с буферизацией.

16.7.5.1. Сбор аварийных дампов в Windows

В случае аварии PostgreSQL в Windows он может сгенерировать минидамп памяти, который помогает выяснить причину аварии, подобно дампам памяти в Unix. Проанализировать эти дампы можно, используя Windows Debugger Tools (Средства отладки Windows) или Visual Studio. Чтобы в Windows получить дамп в случае аварии, создайте подкаталог `crashdumps` в каталоге данных кластера. Дампы будут записываться в этот каталог с уникальным именем, составленным из идентификатора процесса, давшего сбой, и времени сбоя.

16.7.6. Solaris

PostgreSQL хорошо поддерживается в Solaris. Чем новее операционная система, тем меньше затруднений будет; подробнее об этом ниже.

16.7.6.1. Требуемые инструменты

Вы можете выполнить сборку с GCC или с набором компиляторов Sun. Для лучшей оптимизации кода на архитектуре SPARC настоятельно рекомендуется использовать компилятор Sun. Мы слышали о проблемах с GCC 2.95.1, поэтому рекомендуется использовать GCC 2.95.3 или новее. Если вы решили применить компилятор Sun, не выберите по ошибке `/usr/ucb/cc`; правильный путь — `/opt/SUNWspro/bin/cc`.

Sun Studio вы можете загрузить с сайта <https://www.oracle.com/technetwork/server-storage/solarisstudio/downloads/>. Средства GNU по большей части интегрированы в Solaris 10, либо представлены на сопутствующем CD. Если вам нужны пакеты для старых версий Solaris, вы можете найти их на сайте <http://www.sunfreeware.com>. Если вы предпочитаете исходный код, обратитесь к <https://www.gnu.org/prep/ftp>.

16.7.6.2. Процедура configure сообщает о сбое тестовой программы

Если `configure` сообщает о сбое тестовой программы, это может быть вызвано тем, что при связывании во время выполнения не удаётся найти некоторую библиотеку, вероятно, `libz`, `libreadline` или какую-то другую нестандартную, например, `libssl`. Чтобы указать правильное размещение библиотеки, задайте переменную окружения `LD_FLAGS` в командной строке `configure`, например так:

```
configure ... LD_FLAGS="-R /usr/sfw/lib:/opt/sfw/lib:/usr/local/lib"
```

За дополнительными сведениями обратитесь к странице `man ld`.

16.7.6.3. Периодические сбои 64-битной сборки

В Solaris 7 и старее 64-битная версия `libc` содержала бракованную функцию `vsnprintf`, которая могла вызывать непредсказуемые сбои PostgreSQL. Самое простое известное решение — сделать, чтобы PostgreSQL использовал собственную версию `vsnprintf` вместо библиотечной версии. Для этого, выполнив `configure`, отредактируйте полученный в результате `configure` файл. В `src/Makefile.global` поменяйте строку

```
LIBOBJJS =
```

на такую

```
LIBOBJJS = snprintf.o
```

(В этой переменной уже также могут быть перечислены и другие файлы.) Затем продолжите сборку как обычно.

16.7.6.4. Компиляция для максимальной производительности

Для архитектуры SPARC настоятельно рекомендуется проводить компиляцию с использованием Sun Studio. Добавив флаг `-xO5`, вы можете получить исполняемый код, который будет работать значительно быстрее. Но не добавляйте никакие флаги, влияющие на вычисления с плавающей точкой или обработку `errno` (например, `-fast`). С такими флагами PostgreSQL может вести себя нестандартно, например, выполняя операции с датами/временем.

Если у вас нет причины использовать 64-битные программы в архитектуре SPARC, собирайте 32-битную версию, так как 64-битные операции, а значит и 64-битные программы, выполняются медленнее 32-битных. С другой стороны, 32-битный код для процессоров семейства AMD64 не является «родным», поэтому на таких процессорах значительно медленнее работает 32-битный код.

16.7.6.5. Применение DTrace для трассировки PostgreSQL

Да, вы можете использовать DTrace. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 28.5.

Если компоновка исполняемого файла `postgres` прерывается с таким сообщением об ошибке:

```
Undefined                               first referenced
 symbol                                in file
AbortTransaction                       utils/probes.o
CommitTransaction                      utils/probes.o
ld: fatal: Symbol referencing errors. No output written to postgres
collect2: ld returned 1 exit status
make: *** [postgres] Error 1
```

Это означает, что ваша инсталляция DTrace слишком стара и неспособна работать с пробами в статических функциях. В этом случае вам нужна версия Solaris 10u4 или новее.

Глава 17. Установка из исходного кода в Windows

Для большинства пользователей рекомендуется просто загрузить дистрибутив для Windows с сайта PostgreSQL. Компиляция из исходного кода описана только для разработчиков сервера PostgreSQL или его расширений.

Существует несколько различных способов сборки PostgreSQL для Windows. Самый простой способ сборки с применением инструментов Microsoft — установить Visual Studio Express 2017 для Windows Desktop и использовать входящий в её состав компилятор. Также возможна сборка с помощью полной версии Microsoft Visual C++ 2005—2017. В некоторых случаях помимо компилятора требуется установить Windows SDK.

Также возможно собрать PostgreSQL с помощью средств компиляции GNU, используя среду MinGW, либо с помощью Cygwin для более старых версий Windows.

При компиляции с помощью MinGW или Cygwin сборка производится как обычно, см. Главу 16 и дополнительные замечания в Подразделе 16.7.5 и Подразделе 16.7.2. Чтобы получить в этих окружениях «родные» 64-битные двоичные файлы, используйте инструменты из MinGW-w64. Данные инструменты также могут быть использованы для кросс-компиляции для 32- и 64-битной Windows в других системах, например в Linux и macOS. Cygwin не рекомендуется применять в производственной среде, его следует использовать только для запуска в старых версиях Windows, где «родная» сборка невозможна, таких как Windows 98. Официальные двоичные файлы собираются с использованием Visual Studio.

«Родные» сборки `psql` не поддерживают редактирование командной строки. Однако сборка в Cygwin это поддерживает, так что следует выбрать её, когда необходимо интерактивно использовать `psql` в Windows.

17.1. Сборка с помощью Visual C++ или Microsoft Windows SDK

PostgreSQL может быть собран с помощью компилятора Visual C++ от Microsoft. Этот компилятор есть в пакетах Visual Studio, Visual Studio Express или в некоторых версиях Microsoft Windows SDK. Если у вас ещё не установлена среда Visual Studio, проще всего будет использовать компиляторы из Visual Studio Express 2017 для Windows Desktop или из Windows SDK 8.1, которые Microsoft распространяет бесплатно.

С применением инструментария Microsoft Compiler возможна и 32-, и 64-битная сборка. 32-битную сборку PostgreSQL можно произвести с использованием Visual Studio, версии с Visual Studio 2005 по Visual Studio 2017 (включая редакции Express), а также отдельных выпусков Windows SDK версии с 6.0 по 8.1. 64-битная сборка PostgreSQL также поддерживается с Microsoft Windows SDK версии с 6.0a по 8.1 или с Visual Studio 2008 и новее. Компиляция для систем, начиная с Windows XP и Windows Server 2003, поддерживается при использовании Visual Studio 2005 — Visual Studio 2013. При сборке с Visual Studio 2015 поддерживаются системы, начиная с Windows Vista и Windows Server 2008. При сборке с Visual Studio 2017 поддерживаются системы, начиная с Windows 7 SP1 и Windows Server 2008 R2 SP1.

Инструменты для компиляции с помощью Visual C++ или Platform SDK находятся в каталоге `src/tools/msvc`. При сборке убедитесь, что в системном пути `PATH` не подключаются инструменты из набора MinGW или Cygwin. Также убедитесь, что в пути `PATH` указаны каталоги всех необходимых инструментов Visual C++. Если вы используете Visual Studio, запустите Visual Studio Command Prompt. Если вы хотите собрать 64-битную версию, вы должны выбрать 64-битную версию данной оболочки, и наоборот. Если вы используете Microsoft Windows SDK, запустите через стартовое меню, подменю SDK оболочку `CMD shell`. В последних версиях SDK можно изменить целевую архитектуру процессора, вариант сборки и целевую ОС с помощью команды `setenv`, например после `setenv /x86 /release /xp` будет получена выпускаемая 32-битная сборка для Windows XP. О дру-

гих параметрах `setenv` можно узнать с ключом `/?`. Все команды должны запускаться из каталога `src\tools\msvc`.

До начала сборки может потребоваться отредактировать файл `config.pl` и изменить в нём желаемые параметры конфигурации или пути к сторонним библиотекам, которые будут использоваться. Для получения конфигурации сначала считывается и разбирается файл `config_default.pl`, а затем применяются все изменения из `config.pl`. Например, чтобы указать, куда установлен Python, следует добавить в `config.pl`:

```
$config->{python} = 'c:\python26';
```

Вам нужно задать только те параметры, которые отличаются от заданных в `config_default.pl`.

Если вам необходимо установить какие-либо другие переменные окружения, создайте файл с именем `buildenv.pl` и поместите в него требуемые команды. Например, чтобы добавить путь к `bison`, которого нет в `PATH`, создайте файл следующего содержания:

```
$ENV{PATH}=$ENV{PATH} . 'c:\some\where\bison\bin';
```

Передать дополнительные аргументы командной строки команде сборки Visual Studio (`msbuild` или `vcbuild`) можно так:

```
$ENV{MSBFLAGS}="/m";
```

17.1.1. Требования

Для сборки PostgreSQL требуется следующее дополнительное ПО. Укажите каталоги, в которых находятся соответствующие библиотеки, в файле конфигурации `config.pl`.

Microsoft Windows SDK

Если с вашим инструментарием для разработки не поставляется поддерживаемая версия Microsoft Windows SDK, рекомендуется установить последнюю версию SDK (в настоящее время 7.1), которую можно загрузить с <https://www.microsoft.com/download/>.

Устанавливая SDK, вы всегда должны выбирать для установки пункт Windows Headers and Libraries (Заголовочные файлы и библиотеки Windows). Если вы установили Windows SDK, включая Visual C++ Compilers, Visual Studio для сборки вам не нужна. Обратите внимание, что с версии 8.0a в SDK для Windows не включается полное окружение для сборки в командной строке.

ActiveState Perl

ActiveState Perl требуется для запуска скриптов, управляющих сборкой. Perl из MinGW или Cygwin работать не будет. ActiveState Perl также должен находиться по пути в `PATH`. Готовый двоичный пакет можно загрузить с <https://www.activestate.com>. Заметьте, что требуется версия 5.8.3 или выше, при этом достаточно бесплатного стандартного дистрибутива (Standard Distribution).

Следующее дополнительное ПО не требуется для базовой сборки, но требуется для сборки полного пакета. Укажите каталоги, в которых находятся соответствующие библиотеки, в файле конфигурации `config.pl`.

ActiveState TCL

Требуется для компиляции PL/Tcl (Заметьте, что требуется версия 8.4 или выше, при этом достаточно бесплатного стандартного дистрибутива (Standard Distribution)).

Bison и Flex

Для компиляции из Git требуются Bison и Flex, хотя они не нужны для компиляции из дистрибутивного пакета исходного кода. Bison должен быть версии 1.875 или 2.2, либо новее, а Flex — версии 2.5.31 или новее.

И Bison, и Flex входят в комплект утилит `msys`, который можно загрузить с <http://www.mingw.org/wiki/MSYS> в качестве компонента набора MinGW.

Вам потребуется добавить каталог, содержащий `flex.exe` и `bison.exe`, в путь, задаваемый переменной `PATH`, в `buildenv.pl`, если она его ещё не включает. В случае с MinGW, это будет подкаталог `\msys\1.0\bin` в каталоге вашей инсталляции MinGW.

Примечание

Bison, поставляемый в составе GnuWin32, может работать некорректно, когда он установлен в каталог с именем, содержащим пробелы, например, `C:\Program Files\GnuWin32` (целевой каталог по умолчанию в англоязычной системе). В таком случае, возможно, стоит установить его в `C:\GnuWin32` или задать в переменной окружения `PATH` короткий путь NTFS к GnuWin32 (например, `C:\PROGRA~1\GnuWin32`).

Примечание

Старые программы `winflex`, которые раньше размещались на FTP-сайте PostgreSQL и упоминались в старой документации, не будут работать в 64-битной Windows, выдавая ошибку «flex: fatal internal error, exec failed». Используйте Flex из набора MSYS.

Diff

Diff требуется для запуска регрессионных тестов, его можно загрузить с <http://gnuwin32.sourceforge.net>.

Gettext

Gettext требуется для сборки с поддержкой NLS, его можно загрузить с <http://gnuwin32.sourceforge.net>. Заметьте, что для сборки потребуются и исполняемые файлы, и зависимости, и файлы для разработки.

MIT Kerberos

Требуется для поддержки проверки подлинности GSSAPI. MIT Kerberos можно загрузить с <http://web.mit.edu/Kerberos/dist/index.html>.

libxml2 и libxslt

Требуется для поддержки XML. Двоичный пакет можно загрузить с <http://zlatkovic.com/pub/libxml>, а исходный код с <http://xmlsoft.org>. Учтите, что для libxml2 требуется iconv, который можно загрузить там же.

OpenSSL

Требуется для поддержки SSL. Двоичные пакеты можно загрузить с <https://www.slproweb.com/products/Win32OpenSSL.html>, а исходный код с <https://www.openssl.org>.

ossdp-uuid

Требуется для поддержки UUID-OSSP (только для contrib). Исходный код можно загрузить с <http://www.ossdp.org/pkg/lib/uuid/>.

Python

Требуется для сборки PL/Python. Двоичные пакеты можно загрузить с <https://www.python.org>.

zlib

Требуется для поддержки сжатия в `pg_dump` и `pg_restore`. Двоичные пакеты можно загрузить с <http://www.zlib.net>.

17.1.2. Специальные замечания для 64-битной Windows

PostgreSQL для архитектуры x64 можно собрать только в 64-битной Windows, процессоры Itanium не поддерживаются.

Совместная сборка 32- и 64-битных версий в одном дереве не поддерживается. Система сборки автоматически определит, в каком окружении (32- или 64-битном) она запущена, и соберёт соответствующий вариант PostgreSQL. Поэтому перед сборкой важно запустить требуемую версию командного интерпретатора.

Для использования на стороне сервера сторонних библиотек, таких как python или OpenSSL, эти библиотеки также *должны быть* 64-битными. 64-битный сервер не поддерживает загрузку 32-битных библиотек. Некоторые библиотеки сторонних разработчиков, предназначенные для PostgreSQL, могут быть доступны только в 32-битных версиях и в таком случае их нельзя будет использовать с 64-битной версией PostgreSQL.

17.1.3. Сборка

Чтобы собрать весь PostgreSQL в конфигурации выпуска (по умолчанию), запустите команду:

```
build
```

Чтобы собрать весь PostgreSQL в конфигурации отладки, запустите команду:

```
build DEBUG
```

Для сборки отдельного проекта, например `psql`, выполните, соответственно:

```
build psql
```

```
build DEBUG psql
```

Чтобы сменить конфигурацию по умолчанию на отладочную, поместите в файл `buildenv.pl` следующую строку:

```
$ENV{CONFIG}="Debug";
```

Также возможна сборка из графической среды Visual Studio. В этом случае вам нужно запустить в командной строке:

```
perl mkvcbuild.pl
```

и затем открыть в Visual Studio полученный `pgsql.sln` в корневом каталоге дерева исходных кодов.

17.1.4. Очистка и установка

В большинстве случаев за изменением файлов будет следить автоматическая система отслеживания зависимостей в Visual Studio. Но если изменений было слишком много, может понадобиться очистка установки. Чтобы её выполнить, просто запустите команду `clean.bat`, которая автоматически очистит все сгенерированные файлы. Вы также можете запустить эту команду с параметром `dist`, в этом случае она отработает подобно `make distclean` и удалит также выходные файлы `flex/bison`.

По умолчанию все файлы сохраняются в подкаталогах `debug` или `release`. Чтобы установить эти файлы стандартным образом, а также сгенерировать файлы, требуемые для инициализации и использования базы данных, запустите команду:

```
install c:\destination\directory
```

Если вы хотите установить только клиентские приложения и интерфейсные библиотеки, выполните команду:

```
install c:\destination\directory client
```

17.1.5. Запуск регрессионных тестов

Чтобы запустить регрессионные тесты, важно сначала собрать все необходимые для них компоненты. Также убедитесь, что в системном пути могут быть найдены все DLL, требуемые для загруз-

ки всех подсистем СУБД (например, DLL Perl и Python для процедурных языков). Если их каталоги в пути поиска отсутствуют, задайте их в файле `buildenv.pl`. Чтобы запустить тесты, выполните одну из следующих команд в каталоге `src\tools\msvc`:

```
vc regress check
vc regress installcheck
vc regress plcheck
vc regress contribcheck
vc regress modulescheck
vc regress ecpgcheck
vc regress isolationcheck
vc regress bincheck
vc regress recoverycheck
vc regress upgradecheck
```

Чтобы выбрать другой планировщик выполнения тестов (по умолчанию выбран параллельный), укажите его в командной строке, например:

```
vc regress check serial
```

За дополнительными сведениями о регрессионных тестах обратитесь к Главе 33.

Для запуска регрессионных тестов клиентских программ с применением команды `vc regress bincheck` или тестов восстановления, с применением `vc regress recoverycheck`, должен быть установлен дополнительный модуль Perl:

IPC::Run

На момент написания документации модуль `IPC::Run` не включается ни в инсталляцию Perl ActiveState, ни в библиотеку ActiveState PPM (Perl Package Manager, Менеджер пакетов Perl). Чтобы установить его, загрузите архив исходного кода `IPC-Run-<version>.tar.gz` из CPAN, по адресу <https://metacpan.org/release/IPC-Run>, и распакуйте его. Откройте файл `buildenv.pl` и добавьте в него переменную `PERL5LIB`, указывающую на подкаталог `lib` из извлечённого архива. Например:

```
$ENV{PERL5LIB}=$ENV{PERL5LIB} . 'c:\IPC-Run-0.94\lib';
```

17.1.6. Сборка документации

Для сборки документации PostgreSQL в формате HTML требуются дополнительные инструменты и файлы. Создайте общий каталог для всех этих файлов и сохраните их в названные подкаталоги.

OpenJade 1.3.1-2

Загрузите архив https://sourceforge.net/projects/openjade/files/openjade/1.3.1/openjade-1_3_1-2-bin.zip/download и распакуйте его в подкаталог `openjade-1.3.1`.

DocBook DTD 4.2

Загрузите архив с <https://www.oasis-open.org/docbook/sgml/4.2/docbook-4.2.zip> и распакуйте его в подкаталог `docbook`.

Сущности символов ISO

Загрузите архив с <https://www.oasis-open.org/cover/ISOEnts.zip> и распакуйте его в подкаталог `docbook`.

Добавьте в `buildenv.pl` переменную, задающую местоположение ранее созданного общего каталога, например:

```
$ENV{DOCR00T}='c:\docbook';
```

Чтобы собрать документацию, запустите `builddoc.bat`. Обратите внимание, что при этом сборка фактически будет запущена дважды; это нужно для построения индексов. Сгенерированные HTML-файлы окажутся в каталоге `doc\src\sgml`.

Глава 18. Подготовка к работе и сопровождение сервера

В этой главе рассказывается, как организовать работу сервера баз данных и его взаимодействие с операционной системой, а также о некоторых задачах сопровождения.

18.1. Учётная запись пользователя PostgreSQL

Как и любую другую службу, доступную для внешнего мира, PostgreSQL рекомендуется запускать под именем отдельного пользователя. Эта учётная запись должна владеть только данными, которыми управляет сервер, и разделять её с другими службами не следует. (Например, не стоит использовать для этого пользователя `nobody`.) Также рекомендуется не устанавливать под именем этого пользователя исполняемые файлы, чтобы их нельзя было подменить в случае компрометации системы.

Для создания пользователя в Unix-подобной системе следует искать команду `useradd` или `adduser`. В качестве имени пользователя часто используется `postgres`, и именно это имя предполагается в данной документации, но вы можете выбрать и другое, если захотите.

18.2. Создание кластера баз данных

Прежде чем вы сможете работать с базами данных, вы должны проинициализировать область хранения баз данных на диске. Мы называем это хранилище *кластером баз данных*. (В SQL применяется термин «кластер каталога».) Кластер баз данных представляет собой набор баз, управляемых одним экземпляром работающего сервера. После инициализации кластер будет содержать базу данных с именем `postgres`, предназначенную для использования по умолчанию утилитами, пользователями и сторонними приложениями. Сам сервер баз данных не требует наличия базы `postgres`, но многие внешние вспомогательные программы рассчитывают на её существование. При инициализации в каждом кластере создаётся ещё одна база, с именем `template1`. Как можно понять из имени, она применяется впоследствии в качестве шаблона создаваемых баз данных; использовать её в качестве рабочей не следует. (За информацией о создании новых баз данных в кластере обратитесь к Главе 22.)

С точки зрения файловой системы, кластер баз данных представляет собой один каталог, в котором будут храниться все данные. Мы называем его *каталогом данных* или *областью данных*. Где именно хранить данные, вы абсолютно свободно можете выбирать сами. Какого-либо стандартного пути не существует, но часто данные размещаются в `/usr/local/pgsql/data` или в `/var/lib/pgsql/data`. Для инициализации кластера баз данных применяется команда `initdb`, которая устанавливается в составе PostgreSQL. Расположение кластера базы данных в файловой системе задаётся параметром `-D`, например:

```
$ initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

Заметьте, что эту команду нужно выполнять от имени учётной записи PostgreSQL, о которой говорится в предыдущем разделе.

Подсказка

В качестве альтернативы параметра `-D` можно установить переменную окружения `PGDATA`.

Также можно запустить команду `initdb`, воспользовавшись программой `pg_ctl`, примерно так:

```
$ pg_ctl -D /usr/local/pgsql/data initdb
```

Этот вариант может быть удобнее, если вы используете `pg_ctl` для запуска и остановки сервера (см. Раздел 18.3), так как `pg_ctl` будет единственной командой, с помощью которой вы будете управлять экземпляром сервера баз данных.

Команда `initdb` попытается создать указанный вами каталог, если он не существует. Конечно, она не сможет это сделать, если `initdb` не будет разрешено записывать в родительский каталог. Вообще рекомендуется, чтобы пользователь PostgreSQL был владельцем не только каталога данных, но и родительского каталога, так что такой проблемы быть не должно. Если же и нужный родительский каталог не существует, вам нужно будет сначала создать его, используя права `root`, если вышестоящий каталог защищён от записи. Таким образом, процедура может быть такой:

```
root# mkdir /usr/local/pgsql
root# chown postgres /usr/local/pgsql
root# su postgres
postgres$ initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

Команда `initdb` не будет работать, если указанный каталог данных уже существует и содержит файлы; это мера предохранения от случайной перезаписи существующей инсталляции.

Так как каталог данных содержит все данные базы, очень важно защитить его от неавторизованного доступа. Для этого `initdb` лишает прав доступа к нему всех пользователей, кроме пользователя PostgreSQL и, возможно, его группы. Если группе разрешается доступ, то только для чтения. Это позволяет непривилегированному пользователю, входящему в одну группу с владельцем кластера, делать резервные копии данных кластера или выполнять другие операции, для которых достаточно доступа только для чтения.

Заметьте, чтобы корректно разрешить или запретить доступ группы к данным существующего кластера, необходимо выключить кластер и установить соответствующий режим для всех каталогов и файлов до запуска PostgreSQL. В противном случае в каталоге данных возможно смешение режимов. Для кластеров, к которым имеет доступ только владелец, требуется установить режим `0700` для каталогов и `0600` для файлов, а для кластеров, в которых также разрешается чтение группой, режим `0750` для каталогов и `0640` для файлов.

Однако, даже когда содержимое каталога защищено, если проверка подлинности клиентов настроена по умолчанию, любой локальный пользователь может подключиться к базе данных и даже стать суперпользователем. Если вы не доверяете другим локальным пользователям, мы рекомендуем использовать один из параметров команды `initdb`: `-W`, `--pwprompt` или `--pwfile` и назначить пароль суперпользователя баз данных. Кроме того, воспользуйтесь параметром `-A md5` или `-A password` и отключите разрешённый по умолчанию режим аутентификации `trust`; либо измените сгенерированный файл `pg_hba.conf` после выполнения `initdb`, но *перед* тем, как запустить сервер в первый раз. (Возможны и другие разумные подходы — применить режим проверки подлинности `peer` или ограничить подключения на уровне файловой системы. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 20.)

Команда `initdb` также устанавливает для кластера баз данных локаль по умолчанию. Обычно она просто берёт параметры локали из текущего окружения и применяет их к инициализируемой базе данных. Однако можно выбрать и другую локаль для базы данных; за дополнительной информацией обратитесь к Разделу 23.1. Команда `initdb` задаёт порядок сортировки по умолчанию для применения в определённом кластере баз данных, и хотя новые базы данных могут создаваться с иным порядком сортировки, порядок в базах-шаблонах, создаваемых `initdb`, можно изменить, только если удалить и пересоздать их. Также учтите, что при использовании локалей, отличных от `C` и `POSIX`, возможно снижение производительности. Поэтому важно правильно выбрать локаль с самого начала.

Команда `initdb` также задаёт кодировку символов по умолчанию для кластера баз данных. Обычно она должна соответствовать кодировке локали. За подробностями обратитесь к Разделу 23.3.

Для локалей, отличных от `C` и `POSIX`, порядок сортировки символов зависит от системной библиотеки локализации, а он, в свою очередь, влияет на порядок ключей в индексах. Поэтому кластер нельзя перевести на несовместимую версию библиотеки ни путём восстановления снимка, ни через двоичную репликацию, ни перейдя на другую операционную систему или обновив её версию.

18.2.1. Использование дополнительных файловых систем

Во многих инсталляциях кластеры баз данных создаются не в «корневом» томе, а в отдельных файловых системах (томах). Если вы решите сделать так же, то не следует выбирать в качестве каталога данных самый верхний каталог дополнительного тома (точку монтирования). Лучше всего создать внутри каталога точки монтирования каталог, принадлежащий пользователю PostgreSQL, а затем создать внутри него каталог данных. Это исключит проблемы с разрешениями, особенно для таких операций, как `pg_upgrade`, и при этом гарантирует чистое поведение в случае, если дополнительный том окажется отключён.

18.2.2. Использование сетевых файловых систем

Во многих инсталляциях кластеры баз данных создаются в сетевых файловых ресурсах. Иногда это реализуется с применением сетевой файловой системы (NFS, Network File System) или сетевых хранилищ (NAS, Network Attached Storage), использующих NFS внутри. PostgreSQL не делает ничего специфического с файловыми системами NFS, то есть он предполагает, что NFS работает точно так же, как и локально подключённые диски. Но если реализация клиента или сервера NFS не обеспечивает стандартное поведение файловой системы, это чревато нестабильной работой (см. https://www.time-travellers.org/shane/papers/NFS_considered_harmful.html). В частности, возможно разрушение данных при отложенной (асинхронной) записи на сервер NFS. Поэтому, по возможности, во избежание таких проблем монтируйте файловые системы NFS в синхронном режиме (без кеширования). Кроме того, не рекомендуется применять мягкое монтирование файловой системы NFS.

В сетях хранения данных (SAN, Storage Area Networks) обычно используются собственные протоколы, не NFS, и они могут быть не подвержены (а могут быть и подвержены) этим рискам. По вопросам гарантии согласованности данных обратитесь к документации производителя. PostgreSQL не может быть надёжнее файловой системы, которую он использует.

18.3. Запуск сервера баз данных

Чтобы кто-либо смог обратиться к базе данных, необходимо сначала запустить сервер баз данных. Программа сервера называется `postgres`. Для работы программа `postgres` должна знать, где найти данные, которые она будет использовать. Указать это местоположение позволяет параметр `-D`. Таким образом, проще всего запустить сервер, выполнив команду:

```
$ postgres -D /usr/local/pgsql/data
```

в результате которой сервер продолжит работу в качестве процесса переднего плана. Запускать эту команду следует под именем учётной записи PostgreSQL. Без параметра `-D` сервер попытается использовать каталог данных, указанный в переменной окружения `PGDATA`. Если и эта переменная не определена, сервер не будет запущен.

Однако обычно лучше запускать `postgres` в фоновом режиме. Для этого можно применить обычный синтаксис, принятый в оболочке Unix:

```
$ postgres -D /usr/local/pgsql/data >logfile 2>&1 &
```

Важно где-либо сохранять информацию, которую выводит сервер в каналы `stdout` и `stderr`, как показано выше. Это полезно и для целей аудита, и для диагностики проблем. (Более глубоко работа с файлами журналов рассматривается в Разделе 24.3.)

Программа `postgres` также принимает несколько других параметров командной строки. За дополнительными сведениями обратитесь к справочной странице `postgres` и к следующей Главе 19.

Такой вариант запуска довольно быстро может оказаться неудобным. Поэтому для упрощения подобных задач предлагается вспомогательная программа `pg_ctl`. Например:

```
pg_ctl start -l logfile
```

запустит сервер в фоновом режиме и направит выводимые сообщения сервера в указанный файл журнала. Параметр `-D` для неё имеет то же значение, что и для программы `postgres`. С помощью `pg_ctl` также можно остановить сервер.

Обычно возникает желание, чтобы сервер баз данных сам запускался при загрузке операционной системы. Скрипты автозапуска для разных систем разные, но в составе PostgreSQL предлагается

несколько типовых скриптов в каталоге contrib/start-scripts. Для установки такого скрипта в систему требуются права root.

В различных системах приняты разные соглашения о порядке запуска служб в процессе загрузки. Во многих системах для этого используется файл /etc/rc.local или /etc/rc.d/rc.local. В других применяются каталоги init.d или rc.d. Однако при любом варианте запускаться сервер должен от имени пользователя PostgreSQL, но *не root* или какого-либо другого пользователя. Поэтому команду запуска обычно следует записывать в форме `su postgres -c '...'`. Например:

```
su postgres -c 'pg_ctl start -D /usr/local/pgsql/data -l serverlog'
```

Ниже приведены более конкретные предложения для нескольких основных ОС. (Вместо указанных нами шаблонных значений необходимо подставить правильный путь к каталогу данных и фактическое имя пользователя.)

- Для запуска во FreeBSD воспользуйтесь файлом contrib/start-scripts/freebsd в дереве исходного кода PostgreSQL.
- В OpenBSD, добавьте в файл /etc/rc.local следующие строки:

```
if [ -x /usr/local/pgsql/bin/pg_ctl -a -x /usr/local/pgsql/bin/postgres ]; then
    su -l postgres -c '/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -s -l /var/postgresql/log -
D /usr/local/pgsql/data'
    echo -n ' postgresql'
fi
```

- В системах Linux вы можете либо добавить

```
/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -D /usr/local/pgsql/data
```

в /etc/rc.d/rc.local или в /etc/rc.local, либо воспользоваться файлом contrib/start-scripts/linux в дереве исходного кода PostgreSQL.

Используя systemd, вы можете применить следующий файл описания службы (например, /etc/systemd/system/postgresql.service):

```
[Unit]
Description=PostgreSQL database server
Documentation=man:postgres(1)

[Service]
Type=notify
User=postgres
ExecStart=/usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data
ExecReload=/bin/kill -HUP $MAINPID
KillMode=mixed
KillSignal=SIGINT
TimeoutSec=0

[Install]
WantedBy=multi-user.target
```

Для использования `Type=notify` требуется, чтобы сервер был скомпилирован с указанием `configure --with-systemd`.

Особого внимания заслуживает значение тайм-аута. На момент написания этой документации по умолчанию в systemd принят тайм-аут 90 секунд, так что процесс, не сообщивший о своей готовности за это время, будет уничтожен. Но серверу PostgreSQL при запуске может потребоваться выполнить восстановление после сбоя, так что переход в состояние готовности может занять гораздо больше времени. Предлагаемое значение 0 отключает логику тайм-аута.

- В NetBSD можно использовать скрипт запуска для FreeBSD или для Linux, в зависимости от предпочтений.

- В Solaris, создайте файл с именем `/etc/init.d/postgresql`, содержащий следующую строку:

```
su - postgres -c "/usr/local/pgsql/bin/pg_ctl start -l logfile -D /usr/local/pgsql/data"
```


Затем создайте символическую ссылку на него в каталоге `/etc/rc3.d` с именем `S99postgresql`.

Когда сервер работает, идентификатор его процесса (PID) сохраняется в файле `postmaster.pid` в каталоге данных. Это позволяет исключить запуск нескольких экземпляров сервера с одним каталогом данных, а также может быть полезно для выключения сервера.

18.3.1. Сбои при запуске сервера

Есть несколько распространённых причин, по которым сервер может не запуститься. Чтобы понять, чем вызван сбой, просмотрите файл журнала сервера или запустите сервер вручную (не перенаправляя его потоки стандартного вывода и ошибок) и проанализируйте выводимые сообщения. Ниже мы рассмотрим некоторые из наиболее частых сообщений об ошибках более подробно.

```
LOG:  could not bind IPv4 address "127.0.0.1": Address already in use
HINT:  Is another postmaster already running on port 5432? If not, wait a few seconds
and retry.
FATAL:  could not create any TCP/IP sockets
```

Это обычно означает именно то, что написано: вы пытаетесь запустить сервер на том же порту, на котором уже работает другой. Однако, если сообщение ядра не `Address already in use` или подобное, возможна и другая проблема. Например, при попытке запустить сервер с номером зарезервированного порта будут выданы такие сообщения:

```
$ postgres -p 666
LOG:  could not bind IPv4 address "127.0.0.1": Permission denied
HINT:  Is another postmaster already running on port 666? If not, wait a few seconds
and retry.
FATAL:  could not create any TCP/IP sockets
```

Следующее сообщение:

```
FATAL:  could not create shared memory segment: Invalid argument
DETAIL:  Failed system call was shmget(key=5440001, size=4011376640, 03600).
```

может означать, что установленный для вашего ядра предельный размер разделяемой памяти слишком мал для рабочей области, которую пытается создать PostgreSQL (в данном примере 4011376640 байт). Возможно также, что в вашем ядре вообще отсутствует поддержка разделяемой памяти в стиле System-V. В качестве временного решения можно попытаться запустить сервер с меньшим числом буферов (`shared_buffers`), но в итоге вам, скорее всего, придётся переконфигурировать ядро и увеличить допустимый размер разделяемой памяти. Вы также можете увидеть это сообщение при попытке запустить несколько серверов на одном компьютере, если запрошенный ими объём разделяемой памяти в сумме превышает этот предел.

Сообщение:

```
FATAL:  could not create semaphores: No space left on device
DETAIL:  Failed system call was semget(5440126, 17, 03600).
```

не означает, что у вас закончилось место на диске. Это значит, что установленное в вашем ядре предельное число семафоров System V меньше, чем количество семафоров, которое пытается создать PostgreSQL. Как и в предыдущем случае, можно попытаться обойти эту проблему, запустив сервер с меньшим числом допустимых подключений (`max_connections`), но в конце концов вам придётся увеличить этот предел в ядре.

Если вы получаете ошибку «illegal system call» (неверный системный вызов), то, вероятнее всего, ваше ядро вообще не поддерживает разделяемую память или семафоры. В этом случае, вам остаётся только переконфигурировать ядро и включить их поддержку.

Настройка средств IPC в стиле System V описывается в Подразделе 18.4.1.

18.3.2. Проблемы с подключениями клиентов

Хотя ошибки подключений, возможные на стороне клиента, довольно разнообразны и зависят от приложений, всё же несколько проблем могут быть связаны непосредственно с тем, как был запущен сервер. Описание ошибок, отличных от описанных ниже, следует искать в документации соответствующего клиентского приложения.

```
psql: could not connect to server: Connection refused
        Is the server running on host "server.joe.com" and accepting
        TCP/IP connections on port 5432?
```

Это общая проблема «я не могу найти сервер и начать взаимодействие с ним». Показанное выше сообщение говорит о попытке установить подключение по TCP/IP. Очень часто объясняется это тем, что сервер просто забыли настроить для работы по протоколу TCP/IP.

Кроме того, при попытке установить подключение к локальному серверу через Unix-сокеты можно получить такое сообщение:

```
psql: could not connect to server: No such file or directory
        Is the server running locally and accepting
        connections on Unix domain socket "/tmp/.s.PGSQL.5432"?
```

Путь в последней строке помогает понять, к правильному ли адресу пытается подключиться клиент. Если сервер на самом деле не принимает подключения по этому адресу, обычно выдаётся сообщение ядра `Connection refused` (В соединении отказано) или `No such file or directory` (Нет такого файла или каталога), приведённое выше. (Важно понимать, что `Connection refused` в данном контексте *не* означает, что сервер получил запрос на подключение и отверг его. В этом случае были бы выданы другие сообщения, например, показанные в Разделе 20.15.) Другие сообщения об ошибках, например `Connection timed out` (Тайм-аут соединения) могут сигнализировать о более фундаментальных проблемах, например, о нарушениях сетевых соединений.

18.4. Управление ресурсами ядра

PostgreSQL иногда может исчерпывать некоторые ресурсы операционной системы до предела, особенно при запуске нескольких копий сервера в одной системе или при работе с очень большими базами. В этом разделе описываются ресурсы ядра, которые использует PostgreSQL, и подходы к решению проблем, связанных с ограниченностью этих ресурсов.

18.4.1. Разделяемая память и семафоры

PostgreSQL требует, чтобы операционная система предоставляла средства межпроцессного взаимодействия (IPC), в частности, разделяемую память и семафоры. Системы семейства Unix обычно предоставляют функции IPC в стиле «System V» или функции IPC в стиле «POSIX» или и те, и другие. В Windows эти механизмы реализованы по-другому, но здесь это не рассматривается.

Если эти механизмы полностью отсутствуют в системе, при запуске сервера обычно выдаётся ошибка «Illegal system call» (Неверный системный вызов). В этом случае единственный способ решить проблему — переконфигурировать ядро системы. Без них PostgreSQL просто не будет работать. Это довольно редкая ситуация, особенно с современными операционными системами.

При запуске сервера PostgreSQL обычно запрашивает очень небольшой объём разделяемой памяти System V и намного больший объём памяти POSIX (`mmap`). Помимо этого при запуске создаётся значительное количество семафоров (в стиле System V или POSIX). В настоящее время семафоры POSIX используются в системах Linux и FreeBSD, а на других платформах используются семафоры System V.

Примечание

PostgreSQL до версии 9.3 использовал только разделяемую память System V, поэтому необходимый для запуска сервера объём разделяемой памяти System V был гораздо

больше. Если вы используете более раннюю версию сервера, обратитесь к документации по вашей версии.

Функции IPC в стиле System V обычно сталкиваются с лимитами на уровне системы. Когда PostgreSQL превышает один из этих лимитов, сервер отказывается запускаться, но должен выдать полезное сообщение, говорящее об ошибке и о том, что с ней делать. (См. также Подраздел 18.3.1.) Соответствующие параметры ядра в разных системах называются аналогично (они перечислены в Таблице 18.1), но устанавливаются по-разному. Ниже предлагаются способы их изменения для некоторых систем.

Таблица 18.1. Параметры IPC в стиле System V

Имя	Описание	Значения, необходимые для запуска одного экземпляра PostgreSQL
SHMMAX	Максимальный размер сегмента разделяемой памяти (в байтах)	как минимум 1 КБ, но значение по умолчанию обычно гораздо больше
SHMMIN	Минимальный размер сегмента разделяемой памяти (в байтах)	1
SHMALL	Общий объем доступной разделяемой памяти (в байтах или страницах)	если в байтах, то же, что и SHMMAX; если в страницах, то $\text{ceil}(\text{SHMMAX}/\text{PAGE\_SIZE})$, плюс потребность других приложений
SHMSEG	Максимальное число сегментов разделяемой памяти для процесса	требуется только 1 сегмент, но значение по умолчанию гораздо больше
SHMMNI	Максимальное число сегментов разделяемой памяти для всей системы	как SHMSEG плюс потребность других приложений
SEMMNI	Максимальное число идентификаторов семафоров (т. е., их наборов)	как минимум $\text{ceil}((\text{max\_connections} + \text{autovacuum\_max\_workers} + \text{max\_worker\_processes} + 5) / 16)$ плюс потребность других приложений
SEMMNS	Максимальное число семафоров для всей системы	$\text{ceil}((\text{max\_connections} + \text{autovacuum\_max\_workers} + \text{max\_worker\_processes} + 5) / 16) * 17$ плюс потребность других приложений
SEMMSL	Максимальное число семафоров в наборе	не меньше 17
SEMAP	Число записей в карте семафоров	см. текст
SEMMX	Максимальное значение семафора	не меньше 1000 (по умолчанию оно обычно равно 32767; без необходимости менять его не следует)

PostgreSQL запрашивает небольшой блок разделяемой памяти System V (обычно 48 байт на 64-битной платформе) для каждой копии сервера. В большинстве современных операционных систем такой объем выделяется без проблем. Однако, если запускать много копий сервера или разделяе-

мую память System V занимают и другие приложения, может понадобиться увеличить значение `SHMALL`, задающее общий объём разделяемой памяти System V, доступный для всей системы. Обратите внимание, что `SHMALL` во многих системах задаётся в страницах, а не в байтах.

Менее вероятны проблемы с минимальным размером сегментов разделяемой памяти (`SHMMIN`), который для PostgreSQL не должен превышать примерно 32 байт (обычно это всего 1 байт). Максимальное число сегментов для всей системы (`SHMMNI`) или для одного процесса (`SHMSEG`) тоже обычно не влияет на работоспособность сервера, если только это число не равно нулю.

Когда PostgreSQL использует семафоры System V, он занимает по одному семафору на одно разрешённое подключение (`max_connections`), на разрешённый рабочий процесс автоочистки (`autovacuum_max_workers`) и фоновый процесс (`max_worker_processes`), в наборах по 16. В каждом таком наборе есть также 17-ый семафор, содержащий «магическое число», позволяющий обнаруживать коллизии с наборами семафоров других приложений. Максимальное число семафоров в системе задаётся параметром `SEMMNS`, который, следовательно, должен быть равен как минимум сумме `max_connections`, `autovacuum_max_workers` и `max_worker_processes`, плюс один дополнительный на каждые 16 семафоров подключений и рабочих процессов (см. формулу в Таблице 18.1). Параметр `SEMMNI` определяет максимальное число наборов семафоров, которые могут существовать в системе в один момент времени. Таким образом, этот параметр должен быть не меньше $\text{ceil}((\text{max\_connections} + \text{autovacuum\_max\_workers} + \text{max\_worker\_processes} + 5) / 16)$. В качестве временного решения проблем, которые вызваны этими ограничениями, но обычно сопровождаются некорректными сообщениями, например, «No space left on device» (На устройстве не осталось места) от функции `semget`, можно уменьшить число разрешённых соединений

В некоторых случаях может потребоваться увеличить `SEMMAP` как минимум до уровня `SEMMNS`. Этот параметр определяет размер карты ресурсов семафоров, в которой выделяется запись для каждого непрерывного блока семафоров. Когда набор семафоров освобождается, эта запись либо добавляется к существующей соседней записи, либо регистрируется как новая запись в карте. Если карта переполняется, освобождаемые семафоры теряются (до перезагрузки). Таким образом, фрагментация пространства семафоров может со времени привести к уменьшению числа доступных семафоров.

Другие параметры, связанные с «аннулированием операций» с семафорами, например, `SEMMNU` и `SEMUME`, на работу PostgreSQL не влияют.

При использовании семафоров POSIX требуемое их количество не отличается от количества для System V, то есть по одному семафору на разрешённое подключение (`max_connections`), на разрешённый рабочий процесс автоочистки (`autovacuum_max_workers`) и фоновый процесс (`max_worker_processes`). На платформах, где предпочитается этот вариант, отсутствует определённый лимит ядра на количество семафоров POSIX.

AIX

Как минимум с версии 5.1, для таких параметров, как `SHMMAX`, никакая дополнительная настройка не должна требоваться, так как система, похоже, позволяет использовать всю память в качестве разделяемой. Подобная конфигурация требуется обычно и для других баз данных, например, для DB/2.

Однако может понадобиться изменить глобальные параметры `ulimit` в `/etc/security/limits`, так как стандартные жёсткие ограничения на размер (`fsize`) и количество файлов (`nofiles`) могут быть недостаточно большими.

FreeBSD

Значения по умолчанию можно изменить, используя возможности `sysctl` или `loader`. С помощью `sysctl` можно задать следующие параметры:

```
# sysctl kern.ipc.shmall=32768
# sysctl kern.ipc.shmmax=134217728
```

Чтобы эти изменения сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Эти параметры, связанные с семафорами, `sysctl` менять не позволяет, но их можно задать в `/boot/loader.conf`:

```
kern.ipc.semuni=256
kern.ipc.semns=512
kern.ipc.semnu=256
```

Чтобы изменённые таким образом параметры вступили в силу, требуется перезагрузить систему. (Заметьте, что во FreeBSD нет параметра `SEMAP`. В старых версиях значение для `kern.ipc.semmap` принималось, но игнорировалось; новые версии его не принимают.)

Возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память всегда находилась в ОЗУ и никогда не выгружалась в пространство подкачки. Это можно сделать, установив с помощью `sysctl` параметр `kern.ipc.shm_use_phys`.

Если вы используете «камеры» FreeBSD, включив в `sysctl` параметр `security.jail.sysvipc_allowed`, главные процессы `postmaster`, работающие в разных камерах, должны запускаться разными пользователями операционной системы. Это усиливает защиту, так как не позволяет обычным пользователям обращаться к разделяемой памяти или семафорам в разных камерах, и при этом способствует корректной работе кода очистки IPC в PostgreSQL. (Во FreeBSD 6.0 и более поздних версиях код очистки IPC не может корректно выявить процессы в других камерах, что не позволяет запускать процессы `postmaster` на одном порту в разных камерах.)

До версии 4.0 система FreeBSD работала так же, как сейчас OpenBSD (см. ниже).

NetBSD

В NetBSD, начиная с версии 5.0, параметры IPC можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`, например:

```
$ sysctl -w kern.ipc.shmmax=16777216
```

Чтобы эти параметры сохранялись после перезагрузки, измените `/etc/sysctl.conf`.

Возможно, вы захотите настроить ядро так, чтобы разделяемая память всегда находилась в ОЗУ и никогда не выгружалась в пространство подкачки. Это можно сделать, установив с помощью `sysctl` параметр `kern.ipc.shm_use_phys`.

До версии 5.0 система NetBSD работала так же, как сейчас OpenBSD (см. ниже), за исключением того, что параметры устанавливаются с указанием `options`, а не `option`.

OpenBSD

При компиляции ядра должны быть включены механизмы `SYSVSHM` и `SYSVSEM`. (По умолчанию они включены.) Максимальный размер разделяемой памяти определяется параметром `SHMMAXPGS` (в страницах). Ниже показан пример, как установить следующие параметры:

```
option      SYSVSHM
option      SHMMAXPGS=4096
option      SHMSEG=256

option      SYSVSEM
option      SEMMNI=256
option      SEMMNS=512
option      SEMMNU=256
```

HP-UX

Значения по умолчанию обычно вполне удовлетворяют средним потребностям. В HP-UX 10 параметр `SEMMNS` по умолчанию имеет значение 128, что может быть недостаточно для больших баз данных.

Параметры IPC можно установить в менеджере системного администрирования (System Administration Manager, SAM) в разделе Kernel Configuration (Настройка ядра) → Configurable Parameters (Настраиваемые параметры). Установив нужные параметры, выполните операцию Create A New Kernel (Создать ядро).

Linux

По умолчанию максимальный размер сегмента равен 32 МБ, а максимальный общий размер составляет 2097152 страниц. Страница почти всегда содержит 4096 байт, за исключением нестандартных конфигураций ядра с поддержкой «огромных страниц» (точно узнать размер страницы можно, выполнив `getconf PAGE_SIZE`).

Параметры размера разделяемой памяти можно изменить, воспользовавшись командой `sysctl`. Например, так можно выделить 16 ГБ для разделяемой памяти:

```
$ sysctl -w kernel.shmmax=17179869184
$ sysctl -w kernel.shmall=4194304
```

Чтобы сохранить эти изменения после перезагрузки, их также можно записать в файл `/etc/sysctl.conf` (это настоятельно рекомендуется).

В некоторых старых дистрибутивах может не оказаться программы `sysctl`, но те же изменения можно произвести, обратившись к файловой системе `/proc`:

```
$ echo 17179869184 >/proc/sys/kernel/shmmax
$ echo 4194304 >/proc/sys/kernel/shmall
```

Остальные параметры имеют вполне подходящие значения, так что их обычно менять не нужно.

macOS

Для настройки разделяемой памяти в macOS рекомендуется создать файл `/etc/sysctl.conf` и записать в него присвоения переменных следующим образом:

```
kern.sysv.shmmax=4194304
kern.sysv.shmmin=1
kern.sysv.shmmni=32
kern.sysv.shmseg=8
kern.sysv.shmall=1024
```

Заметьте, что в некоторых версиях macOS, *все пять* параметров разделяемой памяти должны быть установлены в `/etc/sysctl.conf`, иначе их значения будут проигнорированы.

Имейте в виду, что последние версии macOS игнорируют попытки задать для `SHMMAX` значение, не кратное 4096.

`SHMALL` на этой платформе измеряется в страницах (по 4 КБ).

В старых версиях macOS, чтобы изменения параметров разделяемой памяти вступили в силу, требовалась перезагрузка. Начиная с версии 10.5, все параметры, кроме `SHMMNI` можно изменить «на лету», воспользовавшись командой `sysctl`. Но, тем не менее, лучше задавать выбранные вами значения в `/etc/sysctl.conf`, чтобы они сохранялись после перезагрузки.

Файл `/etc/sysctl.conf` обрабатывается только начиная с macOS версии 10.3.9. Если вы используете предыдущий выпуск 10.3.x, необходимо отредактировать файл `/etc/rc` и задать значения следующими командами:

```
sysctl -w kern.sysv.shmmax
sysctl -w kern.sysv.shmmin
sysctl -w kern.sysv.shmmni
sysctl -w kern.sysv.shmseg
```

```
sysctl -w kern.sysv.shmall
```

Заметьте, что `/etc/rc` обычно заменяется при обновлении системы macOS, так что следует ожидать, что вам придётся повторять эти изменения после каждого обновления.

В macOS 10.2 и более ранних версиях вместо этого надо записать эти команды в файле `/System/Library/StartupItems/SystemTuning/SystemTuning`.

Solaris версии с 2.6 по 2.9 (Solaris 6 .. Solaris 9)

Соответствующие параметры можно изменить в `/etc/system`, например так:

```
set shmsys:shminfo_shmmax=0x2000000
set shmsys:shminfo_shmmmin=1
set shmsys:shminfo_shmmni=256
set shmsys:shminfo_shmseg=256

set semsys:seminfo_semmap=256
set semsys:seminfo_semmni=512
set semsys:seminfo_semmns=512
set semsys:seminfo_semmsl=32
```

Чтобы изменения вступили в силу, потребуется перезагрузить систему. Информацию о разделяемой памяти в более старых версиях Solaris можно найти по ссылке <http://sunsite.uakom.sk/sunworldonline/swol-09-1997/swol-09-insidesolaris.html>.

Solaris 2.10 (Solaris 10) и более поздние версии OpenSolaris

В Solaris 10 и новее, а также в OpenSolaris, стандартные параметры разделяемой памяти и семафоров достаточно хороши для большинства применений PostgreSQL. По умолчанию Solaris теперь устанавливает в `SHMMAX` четверть объёма ОЗУ. Чтобы изменить этот параметр, воспользуйтесь возможностью задать параметр проекта, связанного с пользователем `postgres`. Например, выполните от имени `root` такую команду:

```
projadd -c "PostgreSQL DB User" -K "project.max-shm-memory=(privileged,8GB,deny)" -U
postgres -G postgres user.postgres
```

Эта команда создаёт проект `user.postgres` и устанавливает максимальный объём разделяемой памяти для пользователя `postgres` равным 8 ГБ. Это изменение вступает в силу при следующем входе этого пользователя или при перезапуске PostgreSQL (не перезагрузке конфигурации). При этом подразумевается, что PostgreSQL выполняется пользователем `postgres` в группе `postgres`. Перезагружать систему после этой команды не нужно.

Для серверов баз данных, рассчитанных на большое количество подключений, рекомендуется также изменить следующие параметры:

```
project.max-shm-ids=(priv,32768,deny)
project.max-sem-ids=(priv,4096,deny)
project.max-msg-ids=(priv,4096,deny)
```

Кроме того, если PostgreSQL у вас выполняется внутри зоны, может понадобиться также увеличить лимиты на использование ресурсов зоны. Получить дополнительную информацию о проектах и команде `prctl` можно в *Руководстве системного администратора* (System Administrator's Guide), «Главе 2: Проекты и задачи» (Chapter2: Projects and Tasks).

18.4.2. RemoveIPC в systemd

Если используется `systemd`, необходимо позаботиться о том, чтобы ресурсы IPC (общая память и семафоры) не освобождались преждевременно операционной системой. Это особенно актуально при сборке и установке PostgreSQL из исходного кода. Пользователей дистрибутивных пакетов PostgreSQL это касается в меньшей степени, так как пользователь `postgres` обычно создаётся как системный пользователь.

Параметр `RemoveIPC` в `logind.conf` определяет, должны ли объекты IPC удаляться при полном выходе пользователя из системы. На системных пользователях это не распространяется. Этот параметр по умолчанию включён в стандартной сборке `systemd`, но в некоторых дистрибутивах операционных систем он по умолчанию отключён.

Обычно нежелательный эффект этого включённого параметра проявляется в том, что объекты семафоров, используемые сервером PostgreSQL, удаляются без видимых причин, что приводит к отказу сервера с сообщениями вида:

```
LOG: semctl(1234567890, 0, IPC_RMID, ...) failed: Invalid argument
```

Различные типы объектов IPC (разделяемая память/семафоры, System V/POSIX) обрабатываются в `systemd` несколько по-разному, поэтому могут наблюдаться ситуации, когда некоторые ресурсы IPC не удаляются так, как другие. Однако полагаться на эти тонкие различия не рекомендуется.

Событие «выхода пользователя из системы» может произойти при выполнении задачи обслуживания или если администратор войдёт под именем `postgres`, а затем выйдет, либо случится что-то подобное, так что предотвратить это довольно сложно.

Какой пользователь является «системным», определяется во время компиляции `systemd`, исходя из значения `SYS_UID_MAX` в `/etc/login.defs`.

Скрипт упаковывания и развёртывания сервера должен предусмотрительно создавать пользователя `postgres` как системного пользователя, используя команды `useradd -r`, `adduser --system` или равнозначные.

Если же учётная запись пользователя была создана некорректно и изменить её невозможно, рекомендуется задать

```
RemoveIPC=no
```

в `/etc/systemd/logind.conf` или другом подходящем файле конфигурации.

Внимание

Необходимо предпринять минимум одно из этих двух действий, иначе сервер PostgreSQL будет очень нестабильным.

18.4.3. Ограничения ресурсов

В Unix-подобных операционных системах существуют различные типы ограничений ресурсов, которые могут влиять на работу сервера PostgreSQL. Особенно важны ограничения на число процессов для пользователя, число открытых файлов и объём памяти для каждого процесса. Каждое из этих ограничений имеет «жёсткий» и «мягкий» предел. Мягкий предел действительно ограничивает использование ресурса, но пользователь может увеличить его значение до жёсткого предела. Изменить жёсткий предел может только пользователь `root`. За изменение этих параметров отвечает системный вызов `setrlimit`. Управлять этими ресурсами в командной строке позволяет встроенная команда `ulimit` (в оболочках Bourne) и `limit` (csh). В системах семейства BSD различными ограничениями ресурсов, устанавливаемыми при входе пользователя, управляет файл `/etc/login.conf`. За подробностями обратитесь к документации операционной системы. Для PostgreSQL интерес представляют параметры `maxproc`, `openfiles` и `datasize`. Они могут задаваться, например так:

```
default:\
...
      :datasize-cur=256M:\
      :maxproc-cur=256:\
      :openfiles-cur=256:\
...
```

(Здесь `-cur` обозначает мягкий предел. Чтобы задать жёсткий предел, нужно заменить это окончание на `-max`.)

Ядро также может устанавливать общесистемные ограничения на использование некоторых ресурсов.

- В Linux максимальное число открытых файлов, которое поддерживает ядро, определяется в спецфайле `/proc/sys/fs/file-max`. Изменить этот предел можно, записав другое число в этот файл, либо добавив присваивание в файл `/etc/sysctl.conf`. Максимальное число файлов для одного процесса задаётся при компиляции ядра; за дополнительными сведениями обратитесь к `usr/src/linux/Documentation/proc.txt`.

Сервер PostgreSQL использует для обслуживания каждого подключения отдельный процесс, так что возможное число процессов должно быть не меньше числа разрешённых соединений плюс число процессов, требуемых для остальной системы. Это обычно не проблема, но когда в одной системе работает множество серверов, предел может быть достигнут.

В качестве максимального числа открытых файлов по умолчанию обычно выбираются «социально-ориентированные» значения, позволяющие использовать одну систему несколькими пользователями так, чтобы ни один из них не потреблял слишком много системных ресурсов. Если вы запускаете в системе несколько серверов, это должно вполне устраивать, но на выделенных машинах может возникнуть желание увеличить этот предел.

С другой стороны, некоторые системы позволяют отдельным процессам открывать очень много файлов и если это делают сразу несколько процессов, они могут легко исчерпать общесистемный предел. Если вы столкнётесь с такой ситуацией, но не захотите менять общесистемное ограничение, вы можете ограничить использование открытых файлов сервером PostgreSQL, установив параметр конфигурации `max_files_per_process`.

18.4.4. Чрезмерное выделение памяти в Linux

В Linux 2.4 и новее механизм виртуальной памяти по умолчанию работает не оптимально для PostgreSQL. Вследствие того, что ядро выделяет память в чрезмерном объёме, оно может уничтожить главный управляющий процесс PostgreSQL (`postmaster`), если при выделении памяти процессу PostgreSQL или другому процессу виртуальная память будет исчерпана.

Когда это происходит, вы можете получить примерно такое сообщение ядра (где именно искать это сообщение, можно узнать в документации вашей системы):

```
Out of Memory: Killed process 12345 (postgres).
```

Это сообщение говорит о том, что процесс `postgres` был уничтожен из-за нехватки памяти. Хотя существующие подключения к базе данных будут работать по-прежнему, новые подключения приниматься не будут. Чтобы восстановить работу сервера, PostgreSQL придётся перезапустить.

Один из способов обойти эту проблему — запускать PostgreSQL на компьютере, где никакие другие процессы не займут всю память. Если физической памяти недостаточно, решить проблему также можно, увеличив объём пространства подкачки, так как уничтожение процессов при нехватке памяти происходит только когда заканчивается и физическая память, и место в пространстве подкачки.

Если памяти не хватает по вине самого PostgreSQL, эту проблему можно решить, изменив конфигурацию сервера. В некоторых случаях может помочь уменьшение конфигурационных параметров, связанных с памятью, а именно `shared_buffers` и `work_mem`. В других случаях проблема может возникать, потому что разрешено слишком много подключений к самому серверу баз данных. Чаще всего в такой ситуации стоит уменьшить число подключений `max_connections` и организовать внешний пул соединений.

В Linux 2.6 и новее «чрезмерное выделение» памяти можно предотвратить, изменив поведение ядра. Хотя при этом *OOM killer* (уничтожение процессов при нехватке памяти) всё равно может вызываться, вероятность такого уничтожения значительно уменьшается, а значит поведение си-

стемы становится более стабильным. Для этого нужно включить режим строгого выделения памяти, воспользовавшись `sysctl`:

```
sysctl -w vm.overcommit_memory=2
```

либо поместив соответствующую запись в `/etc/sysctl.conf`. Возможно, вы также захотите изменить связанный параметр `vm.overcommit_ratio`. За подробностями обратитесь к документации ядра <https://www.kernel.org/doc/Documentation/vm/overcommit-accounting>.

Другой подход, который можно применить (возможно, вместе с изменением `vm.overcommit_memory`), заключается в исключении процесса `postmaster` из числа возможных жертв при нехватке памяти. Для этого нужно задать для свойства *поправка очков OOM* этого процесса значение `-1000`. Проще всего это можно сделать, выполнив

```
echo -1000 > /proc/self/oom_score_adj
```

в скрипте запуска управляющего процесса непосредственно перед тем, как запускать `postmaster`. Заметьте, что делать это надо под именем `root`, иначе ничего не изменится; поэтому проще всего вставить эту команду в стартовый скрипт, принадлежащий пользователю `root`. Если вы делаете это, вы также должны установить в данном скрипте эти переменные окружения перед запуском главного процесса:

```
export PG_OOM_ADJUST_FILE=/proc/self/oom_score_adj
export PG_OOM_ADJUST_VALUE=0
```

С такими параметрами дочерние процессы главного будут запускаться с обычной, нулевой поправкой очков OOM, так что при необходимости механизм OOM сможет уничтожать их. Вы можете задать и другое значение для `PG_OOM_ADJUST_VALUE`, если хотите, чтобы дочерние процессы исполнялись с другой поправкой OOM. (`PG_OOM_ADJUST_VALUE` также можно опустить, в этом случае подразумевается нулевое значение.) Если вы не установите `PG_OOM_ADJUST_FILE`, дочерние процессы будут работать с той же поправкой очков OOM, которая задана для главного процесса, что неразумно, так всё это делается как раз для того, чтобы главный процесс оказался на особом положении.

В старых ядрах Linux `/proc/self/oom_score_adj` отсутствует, но та же функциональность может быть доступна через `/proc/self/oom_adj`. Эта переменная процесса работает так же, только значение, исключающее уничтожение процесса, равно `-17`, а не `-1000`.

Примечание

Некоторые дистрибутивы с ядрами Linux 2.4 содержат предварительную реализацию механизма `sysctl overcommit`, появившегося официально в 2.6. Однако, если установить для `vm.overcommit_memory` значение 2 в ядре 2.4, ситуация не улучшится, а только ухудшится. Прежде чем модифицировать этот параметр в ядре 2.4, рекомендуется проанализировать исходный код вашего ядра (см. функцию `vm_enough_memory` в файле `mm/mmap.c`) и убедиться, что ядро поддерживает именно нужный вам режим. Наличие файла документации `overcommit-accounting` не следует считать признаком того, что он действительно поддерживается. В случае сомнений, обратитесь к эксперту по ядру или поставщику вашей системы.

18.4.5. Огромные страницы в Linux

Использование огромных страниц снижает накладные расходы при работе с большими непрерывными блоками памяти, что характерно для PostgreSQL, особенно при большом объёме `shared_buffers`. Чтобы такие страницы можно было задействовать в PostgreSQL, ядро должно быть собрано с параметрами `CONFIG_HUGETLBFS=y` и `CONFIG_HUGETLB_PAGE=y`. Также вам понадобится настроить параметр ядра `vm.nr_hugepages`. Чтобы оценить требуемое количество огромных страниц, запустите PostgreSQL без поддержки огромных страниц и определите размер сегмента анонимной разделяемой памяти процесса `postmaster`, а также узнайте размер огромной страницы, воспользовавшись файловой системой `/proc`. Например, вы можете получить:

```
$ head -1 $PGDATA/postmaster.pid
4170
$ pmap 4170 | awk '/rw-s/ && /zero/ {print $2}'
6490428K
$ grep ^Hugepagesize /proc/meminfo
Hugepagesize:      2048 kB
```

В данном случае $6490428 / 2048$ даёт примерно 3169.154, так что нам потребуется минимум 3170 огромных страниц, и мы можем задать это значение так:

```
$ sysctl -w vm.nr_hugepages=3170
```

Большее значение стоит указать, если огромные страницы будут использоваться и другими программами в этой системе. Не забудьте добавить этот параметр в `/etc/sysctl.conf`, чтобы он действовал и после перезагрузки.

Иногда ядро не может выделить запрошенное количество огромных страниц сразу, поэтому может потребоваться повторить эту команду или перезагрузить систему. (Немедленно после перезагрузки должен быть свободен большой объём памяти для преобразования в огромные страницы.) Чтобы проверить текущую ситуацию с размещением огромных страниц, выполните:

```
$ grep Huge /proc/meminfo
```

Также может потребоваться дать пользователю операционной системы, запускающему сервер БД, право использовать огромные страницы, установив его группу в `vm.hugetlb_shm_group` с помощью `sysctl`, и/или разрешить блокировать память, выполнив `ulimit -l`.

По умолчанию PostgreSQL использует огромные страницы, когда считает это возможным, а в противном случае переходит к обычным страницам. Чтобы задействовать огромные страницы принудительно, можно установить для `huge_pages` значение `on` в `postgresql.conf`. Заметьте, что с таким значением PostgreSQL не сможет запуститься, если не получит достаточного количества огромных страниц.

Более подробно о механизме огромных страниц в Linux можно узнать в документации ядра: <https://www.kernel.org/doc/Documentation/vm/hugetlbpage.txt>.

18.5. Выключение сервера

Сервер баз данных можно отключить несколькими способами. Вы выбираете тот или иной вариант отключения, посылая разные сигналы главному процессу `postgres`.

SIGTERM

Запускает так называемое *умное выключение*. Получив SIGTERM, сервер перестаёт принимать новые подключения, но позволяет всем существующим сеансам закончить работу в штатном режиме. Сервер будет отключён только после завершения всех сеансов. Если сервер находится в режиме архивации, сервер дополнительно ожидает выхода из этого режима. При этом в данном случае сервер позволяет устанавливать новые подключения, но только для суперпользователей (это исключение позволяет суперпользователю подключиться и прервать архивацию). Если получая этот сигнал, сервер находится в процессе восстановления, восстановление и потоковая репликация будут прерваны только после завершения всех обычных сеансов.

SIGINT

Запускает *быстрое выключение*. Сервер запрещает новые подключения и посылает всем работающим серверным процессам сигнал SIGTERM, в результате чего их транзакции прерываются и сами процессы завершаются. Управляющий процесс ждёт, пока будут завершены все эти процессы и затем завершается сам. Если сервер находится в режиме архивации, архивация прерывается, так что архив оказывается неполным.

SIGQUIT

Запускает *немедленное выключение*. Сервер отправляет всем дочерним процессам сигнал SIGQUIT и ждёт их завершения. Если какие-либо из них не завершаются в течение 5 секунд,

им посылается SIGKILL. Главный процесс сервера завершается, как только будут завершены все дочерние процессы, не выполняя обычную процедуру остановки БД. В результате при последующем запуске будет запущен процесс восстановления (воспроизведения изменений из журнала). Такой вариант выключения рекомендуется только в экстренных ситуациях.

Удобную возможность отправлять эти сигналы, отключающие сервер, предоставляет программа `pg_ctl`. Кроме того, в системах, отличных от Windows, соответствующий сигнал можно отправить с помощью команды `kill`. PID основного процесса `postgres` можно узнать, воспользовавшись программой `ps`, либо прочитав файл `postmaster.pid` в каталоге данных. Например, можно выполнить быстрое выключение так:

```
$ kill -INT `head -1 /usr/local/pgsql/data/postmaster.pid`
```

Важно

Для выключения сервера не следует использовать сигнал SIGKILL. При таком выключении сервер не сможет освободить разделяемую память и семафоры, и, возможно, это придётся делать вручную, чтобы сервер мог запуститься снова. Кроме того, при уничтожении главного процесса `postgres` сигналом SIGKILL, он не успеет передать этот сигнал своим дочерним процессам, так что может потребоваться завершать их так же вручную.

Чтобы завершить отдельный сеанс, не прерывая работу других сеансов, воспользуйтесь функцией `pg_terminate_backend()` (см. Таблицу 9.78) или отправьте сигнал SIGTERM дочернему процессу, обслуживающему этот сеанс.

18.6. Обновление кластера PostgreSQL

В этом разделе рассказывается, как обновить ваш кластер базы данных с одной версии PostgreSQL на другую.

Текущие номера версий PostgreSQL состоят из номеров основной и корректирующей (дополнительной) версии. Например, в номере версии 10.1 число 10 обозначает основную версию, а 1 — дополнительную. Для выпусков PostgreSQL до версии 10.0 номера состояли из трёх чисел (например, 9.5.3). Тогда основная версия образовывалась группой их двух чисел (например, 9.5), а дополнительная задавалась третьим числом (например, 3, что означало, что это третий корректирующий выпуск основной версии 9.5).

В корректирующих выпусках никогда не меняется внутренний формат хранения и они всегда совместимы с предыдущими и последующими выпусками той же основной версии. Например, версия 10.1 совместима с версией 10.0 и версией 10.6. Подобным образом, например, версия 9.5.3 совместима с 9.5.0, 9.5.1 и 9.5.6. Для обновления версии на совместимую достаточно просто заменить исполняемые файлы при выключенном сервере и затем запустить сервер. Каталог данных при этом не затрагивается, так что обновить корректирующую версию довольно просто.

При обновлении *основных* версий PostgreSQL внутренний формат данных может меняться, что усложняет процедуру обновления. Традиционный способ переноса данных в новую основную версию — выгрузить данные из старой версии, а затем загрузить их в новую (это не самый быстрый вариант). Выполнить обновление быстрее позволяет `pg_upgrade`. Также для обновления можно использовать репликацию, как описано ниже.

Изменения основной версии обычно приносят какие-либо видимые пользователю несовместимости, которые могут требовать доработки приложений. Все подобные изменения описываются в замечаниях к выпуску (Приложение Е); обращайтесь особое внимание на раздел «Migration» (Миграция). Если при обновлении вы пропускаете несколько основных версий, обязательно прочитайте замечания к выпуску, в том числе и для каждой пропускаемой версии.

Осторожные пользователи обычно тестируют свои клиентские приложения с новой версией, прежде чем переходить на неё полностью; поэтому часто имеет смысл установить рядом старую

и новую версии. При тестировании обновления основной версии PostgreSQL изучите следующие области возможных изменений:

Администрирование

Средства и функции, предоставляемые администраторам для наблюдения и управления сервером, часто меняются и совершенствуются в каждой новой версии.

SQL

В этой области чаще наблюдается появление новых возможностей команд SQL, чем изменение поведения существующих, если только об этом не говорится в замечаниях к выпуску.

API библиотек

Обычно библиотеки типа libpq только расширяют свою функциональность, если об обратном так же не говорится в замечаниях к выпуску.

Системные каталоги

Изменения в системных каталогах обычно влияют только на средства управления базами данных.

API сервера для кода на C

Сюда относятся изменения в API серверных функций, которые написаны на языке программирования C. Такие изменения затрагивают код, обращающийся к служебным функциям глубоко внутри сервера.

18.6.1. Обновление данных с применением `pg_dumpall`

Один из вариантов обновления заключается в выгрузке данных из одной основной версии PostgreSQL и загрузке их в другую — для этого необходимо использовать средство *логического* копирования, например `pg_dumpall`; копирование на уровне файловой системы не подходит. (В самом сервере есть проверки, которые не дадут использовать каталог данных от несовместимой версии PostgreSQL, так что если попытаться запустить с существующим каталогом данных неправильную версию сервера, никакого вреда не будет.)

Для создания копии рекомендуется применять программы `pg_dump` и `pg_dumpall` от *новой* версии PostgreSQL, чтобы воспользоваться улучшенными функциями, которые могли в них появиться. Текущие версии этих программ способны читать данные любой версии сервера, начиная с 7.0.

В следующих указаниях предполагается, что сервер установлен в каталоге `/usr/local/pgsql`, а данные находятся в `/usr/local/pgsql/data`. Вам нужно подставить свои пути.

1. При запуске резервного копирования убедитесь в том, что в базе данных не производятся изменения. Изменения не повлияют на целостность полученной копии, но изменённые данные, само собой, в неё не попадут. Если потребуется, измените разрешения в файле `/usr/local/pgsql/data/pg_hba.conf` (или подобном), чтобы подключиться к серверу могли только вы. За дополнительными сведениями об управлении доступом обратитесь к Главе 20.

Чтобы получить копию всех ваших данных, введите:

```
pg_dumpall > выходной_файл
```

Для создания резервной копии вы можете воспользоваться программой `pg_dumpall` от текущей версии сервера; за подробностями обратитесь к Подразделу 25.1.2. Однако для лучшего результата стоит попробовать `pg_dumpall` из PostgreSQL 11.1, так как в эту версию вошли исправления ошибок и усовершенствования, по сравнению с предыдущими версиями. Хотя этот совет может показаться абсурдным, ведь новая версия ещё не установлена, ему стоит следовать, если вы планируете установить новую версию рядом со старой. В этом случае вы сможете выполнить установку как обычно, а перенести данные позже. Это также сократит время обновления.

2. Остановите старый сервер:

```
pg_ctl stop
```

В системах, где PostgreSQL запускается при загрузке, должен быть скрипт запуска, с которым можно сделать то же самое. Например, в Red Hat Linux может сработать такой вариант:

```
/etc/rc.d/init.d/postgresql stop
```

Подробнее запуск и остановка сервера описаны в Главе 18.

3. При восстановлении из резервной копии удалите или переименуйте старый каталог, где был установлен сервер, если его имя не привязано к версии. Разумнее будет переименовать каталог, а не удалять его, чтобы его можно было восстановить в случае проблем. Однако учтите, что этот каталог может занимать много места на диске. Переименовать каталог можно, например так:

```
mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old
```

(Этот каталог нужно переименовывать (перемещать) как единое целое, чтобы относительные пути в нём не изменились.)

4. Установите новую версию PostgreSQL как описано в Разделе 16.4.
5. При необходимости создайте новый кластер баз данных. Помните, что следующие команды нужно выполнять под именем специального пользователя БД (вы уже действуете под этим именем, если производите обновление).

```
/usr/local/pgsql/bin/initdb -D /usr/local/pgsql/data
```

6. Перенесите изменения, внесённые в предыдущие версии `pg_hba.conf` и `postgresql.conf`.

7. Запустите сервер баз данных, так же применяя учётную запись специального пользователя БД:

```
/usr/local/pgsql/bin/postgres -D /usr/local/pgsql/data
```

8. Наконец, восстановите данные из резервной копии, выполнив:

```
/usr/local/pgsql/bin/psql -d postgres -f выходной_файл
```

(При этом будет использоваться *новый* psql.)

Минимизировать время отключения сервера можно, установив новый сервер в другой каталог и запустив параллельно оба сервера, старый и новый, с разными портами. Затем можно будет перенести данные примерно так:

```
pg_dumpall -p 5432 | psql -d postgres -p 5433
```

18.6.2. Обновление данных с применением `pg_upgrade`

Модуль `pg_upgrade` позволяет обновить инсталляцию PostgreSQL с одной основной версии на другую непосредственно на месте. Такое обновление может выполняться за считанные минуты, особенно в режиме `--link`. Для него требуются примерно те же подготовительные действия, что и для варианта с `pg_dumpall`: запустить/остановить сервер, выполнить `initdb`. Все эти действия описаны в документации `pg_upgrade`.

18.6.3. Обновление данных с применением репликации

Методы логической репликации также могут применяться для создания резервного сервера с обновлённой версией PostgreSQL. Это возможно благодаря тому, что логическая репликация поддерживается между разными основными версиями PostgreSQL. Резервный сервер может располагаться как на том же компьютере, так и на другом. Как только синхронизация с главным сервером (где работает старая версия PostgreSQL) будет завершена, можно сделать главным новый сервер, а старый экземпляр базы данных просто отключить. При таком переключении обновление возможно осуществить, прервав работу сервера всего на несколько секунд.

Этот вариант обновления можно осуществить, используя как встроенные средства логической репликации, так и внешние системы логической репликации, такие как `pglogical`, `Slony`, `Londiste` и `Bucardo`.

18.7. Защита от подмены сервера

Когда сервер работает, злонамеренный пользователь не может подставить свой сервер вместо него. Однако, если сервер отключён, локальный пользователь может подменить нормальный сервер, запустив свой собственный. Поддельный сервер сможет читать пароли и запросы клиентов, хотя не сможет вернуть никакие данные, так как каталог `PGDATA` будет защищён от чтения посторонними пользователями. Такая подмена возможна потому, что любой пользователь может запустить сервер баз данных; клиент, со своей стороны, не может обнаружить подмену, если его не настроить дополнительно.

Один из способов предотвратить подмену для локальных подключений — использовать каталог Unix-сокеты (`unix_socket_directories`), в который сможет писать только проверенный локальный пользователь. Это не позволит злонамеренному пользователю создать в этом каталоге свой файл сокета. Если вас беспокоит, что некоторые приложения при этом могут обращаться к файлу сокета в `/tmp` и, таким образом, всё же будут уязвимыми, создайте при загрузке операционной системы символическую ссылку `/tmp/.s.PGSQL.5432`, указывающую на перемещённый файл сокета. Возможно, вам также придётся изменить скрипт очистки `/tmp`, чтобы он не удалял эту ссылку.

Также клиенты могут защитить локальные подключения, установив в параметре `requirepeer` имя пользователя, который должен владеть серверным процессом, подключённым к сокету.

Лучший способ защиты от подмены для соединений TCP — использовать сертификаты SSL и добиться, чтобы клиенты проверяли сертификат сервера. Для этого надо настроить сервер, чтобы он принимал только подключения `hostssl` (см. Раздел 20.1) и имел ключ и сертификаты SSL (см. Раздел 18.9). Тогда TCP-клиент должен будет подключаться к серверу с параметром `sslmode=verify-ca` или `verify-full` и у него должен быть установлен соответствующий корневой сертификат (см. Подраздел 34.18.1).

18.8. Возможности шифрования

PostgreSQL обеспечивает шифрование на разных уровнях и даёт гибкость в выборе средств защиты данных в случае кражи сервера, от недобросовестных администраторов или в небезопасных сетях. Шифрование может также требоваться для защиты конфиденциальных данных, например, медицинских сведений или финансовых транзакций.

Шифрование паролей

Пароли пользователей базы данных хранятся в виде хешей (алгоритм хеширования определяется параметром `password_encryption`), так что администратор не может узнать, какой именно пароль имеет пользователь. Если шифрование SCRAM или MD5 применяется и при проверке подлинности, пароль не присутствует на сервере в открытом виде даже кратковременно, так как клиент шифрует его перед тем как передавать по сети. Предпочтительным методом является SCRAM, так как это стандарт, принятый в Интернете, и он более безопасен, чем собственный протокол проверки MD5 в PostgreSQL.

Шифрование избранных столбцов

Модуль `pgcrypto` позволяет хранить в зашифрованном виде избранные поля. Это полезно, если ценность представляют только некоторые данные. Чтобы прочитать эти поля, клиент передаёт дешифрующий ключ, сервер расшифровывает данные и выдаёт их клиенту.

Расшифрованные данные и ключ дешифрования находятся на сервере в процессе расшифрования и передачи данных. Именно в этот момент данные и ключи могут быть перехвачены тем, кто имеет полный доступ к серверу баз данных, например, системным администратором.

Шифрование раздела данных

Шифрование хранилища данных можно реализовать на уровне файловой системы или на уровне блоков. В Linux можно воспользоваться шифрованными файловыми системами `eCryptfs` и `EncFS`, а во FreeBSD есть `PEFS`. Шифрование всего диска на блочном уровне в Linux можно

организовать, используя dm-crypt + LUKS, а во FreeBSD — модули GEOM, geli и gbde. Подобные возможности есть и во многих других операционных системах, включая Windows.

Этот механизм не позволяет читать незашифрованные данные с дисков в случае кражи дисков или всего компьютера. При этом он не защищает данные от чтения, когда эта файловая система смонтирована, так как на смонтированном устройстве операционная система видит все данные в незашифрованном виде. Однако, чтобы смонтировать файловую систему, нужно передать операционной системе ключ (иногда он хранится где-то на компьютере, который выполняет монтирование).

Шифрование данных при передаче по сети

SSL-соединения шифруют все данные, передаваемые по сети: пароль, запросы и возвращаемые данные. Файл `pg_hba.conf` позволяет администраторам указать, для каких узлов будут разрешены незашифрованные соединения (`host`), а для каких будет требоваться SSL (`hostssl`). Кроме того, и на стороне клиента можно разрешить подключения к серверам только с SSL. Для шифрования трафика также можно применять stunnel и SSH.

Проверка подлинности сервера SSL

И клиент, и сервер могут проверять подлинность друг друга по сертификатам SSL. Это требует дополнительной настройки на каждой стороне, но даёт более надёжную гарантию подлинности, чем обычные пароли. С такой защитой подставной компьютер не сможет представлять из себя сервер с целью получить пароли клиентов. Она также предотвращает атаки с посредником («man in the middle»), когда компьютер между клиентом и сервером представляется сервером и незаметно передаёт все запросы и данные между клиентом и подлинным сервером.

Шифрование на стороне клиента

Если системный администратор сервера, где работает база данных, не является доверенным, клиент должен сам шифровать данные; тогда незашифрованные данные никогда не появятся на этом сервере. В этом случае клиент шифрует данные, прежде чем передавать их серверу, а получив из базы данных результаты, он расшифровывает их для использования.

18.9. Защита соединений TCP/IP с применением SSL

В PostgreSQL встроена поддержка SSL для шифрования трафика между клиентом и сервером, что повышает уровень безопасности системы. Для использования этой возможности необходимо, чтобы и на сервере, и на клиенте был установлен OpenSSL, и поддержка SSL была разрешена в PostgreSQL при сборке (см. Главу 16).

18.9.1. Базовая настройка

Когда в установленном сервере PostgreSQL разрешена поддержка SSL, его можно запустить с включённым механизмом SSL, задав в `postgresql.conf` для параметра `ssl` значение `on`. Запущенный сервер будет принимать, как обычные, так и SSL-подключения в одном порту TCP и будет согласовывать использование SSL с каждым клиентом. По умолчанию клиент выбирает режим подключения сам; как настроить сервер, чтобы он требовал использовать только SSL для всех или некоторых подключений, вы можете узнать в Разделе 20.1.

Чтобы сервер мог работать в режиме SSL, ему необходимы файлы с сертификатом сервера и закрытым ключом. По умолчанию это должны быть файлы `server.crt` и `server.key`, соответственно, расположенные в каталоге данных, но можно использовать и другие имена и местоположения файлов, задав их в конфигурационных параметрах `ssl_cert_file` и `ssl_key_file`.

В Unix-подобных системах к файлу `server.key` должен быть запрещён любой доступ группы и всех остальных; чтобы установить такое ограничение, выполните `chmod 0600 server.key`. Возможен и другой вариант, когда этим файлом владеет `root`, а группа имеет доступ на чтение (то есть, маска разрешений `0640`). Данный вариант предназначен для систем, в которых файлами сертификатов и ключей управляет сама операционная система. В этом случае пользователь, запускающий сервер

PostgreSQL, должен быть членом группы, имеющей доступ к указанным файлам сертификата и ключа.

Если к каталогу данных разрешён доступ группы, файлы сертификатов должны размещаться вне этого каталога для удовлетворения озвученных выше требований безопасности. Вообще говоря, доступ группы разрешается для того, чтобы непривилегированный пользователь мог производить резервное копирование базы данных, и в этом случае средство резервного копирования не сможет прочитать файлы сертификатов, что скорее всего приведёт к ошибке.

Если закрытый ключ защищён паролем, сервер спросит этот пароль и не будет запускаться, пока он не будет введён. Использование такого пароля лишает возможности изменять конфигурацию SSL без перезагрузки сервера. Более того, закрытые ключи, защищённые паролями, не годятся для использования в Windows.

Первым сертификатом в `server.crt` должен быть сертификат сервера, так как он должен соответствовать закрытому ключу сервера. В этот файл также могут быть добавлены сертификаты «промежуточных» центров сертификации. Это избавляет от необходимости хранить все промежуточные сертификаты на клиентах, при условии, что корневой и промежуточные сертификаты были созданы с расширениями `v3_ca`. Это также упрощает управление промежуточными сертификатами с истекающим сроком.

Добавлять корневой сертификат в `server.crt` нет необходимости. Вместо этого клиенты должны иметь этот сертификат в цепочке сертификатов сервера.

18.9.2. Конфигурация OpenSSL

PostgreSQL читает системный файл конфигурации OpenSSL. По умолчанию этот файл называется `openssl.cnf` и находится в каталоге, который сообщает команда `openssl version -d`. Если требуется указать другое расположение файла конфигурации, его можно задать в переменной окружения `OPENSSL_CONF`.

OpenSSL предоставляет широкий выбор шифров и алгоритмов аутентификации разной защищённости. Хотя список шифров может быть задан непосредственно в файле конфигурации OpenSSL, можно задать отдельные шифры именно для сервера баз данных, указав их в параметре `ssl_ciphers` в `postgresql.conf`.

Примечание

Накладные расходы, связанные с шифрованием, в принципе можно исключить, ограничившись только проверкой подлинности, то есть применяя шифр `NULL-SHA` или `NULL-MD5`. Однако в этом случае посредник сможет пропускать через себя и читать весь трафик между клиентом и сервером. Кроме того, шифрование приносит минимальную дополнительную нагрузку по сравнению с проверкой подлинности. По этим причинам использовать шифры `NULL` не рекомендуется.

18.9.3. Использование клиентских сертификатов

Чтобы клиенты должны были предоставлять серверу доверенные сертификаты, поместите сертификаты корневых центров сертификации (ЦС), которым вы доверяете, в файл в каталоге данных, укажите в параметре `ssl_ca_file` в `postgresql.conf` имя этого файла и добавьте параметр аутентификации `clientcert=1` в соответствующие строки `hostssl` в `pg_hba.conf`. В результате от клиента в процессе установления SSL-подключения будет затребован сертификат. (Как настроить сертификаты на стороне клиента, описывается в Разделе 34.18.) Получив сертификат, сервер будет проверять, подписан ли этот сертификат одним из доверенным центром сертификации.

Промежуточные сертификаты, которые составляют цепочку с существующими корневыми сертификатами, можно также включить в файл `ssl_ca_file`, если вы не хотите хранить их на клиентах (предполагается, что корневой и промежуточный сертификаты были созданы с расширениями

v3_ca). Если установлен параметр `ssl_crl_file`, также проверяются списки отзыва сертификатов (Certificate Revocation List, CRL). (Диаграммы, иллюстрирующие использование сертификатов SSL, можно найти на странице http://h41379.www4.hp.com/doc/83final/ba554_90007/ch04s02.html.)

Параметр аутентификации `clientcert` можно использовать с любым методом проверки подлинности, но только в строках `pg_hba.conf` типа `hostssl`. Когда `clientcert` не задан или равен 0, сервер, тем не менее, будет проверять все представленные клиентские сертификаты по своему файлу со списком ЦС (если он настроен) — но позволит подключаться клиентам без сертификата.

Если вы используете клиентские сертификаты, вы можете также применить метод аутентификации `cert`, чтобы сертификаты обеспечивали не только защиту соединений, но и проверку подлинности пользователей. За подробностями обратитесь к Разделу 20.12. (Устанавливать `clientcert=1` явно при использовании метода аутентификации `cert` не требуется.)

18.9.4. Файлы, используемые SSL-сервером

В Таблице 18.2 кратко описаны все файлы, имеющие отношение к настройке SSL на сервере. (Здесь приведены стандартные имена файлов. В конкретной системе они могут быть другими.)

Таблица 18.2. Файлы, используемые SSL-сервером

Файл	Содержимое	Назначение
<code>ssl_cert_file</code> (<code>\$PGDATA/server.crt</code>)	сертификат сервера	отправляется клиенту для идентификации сервера
<code>ssl_key_file</code> (<code>\$PGDATA/server.key</code>)	закрытый ключ сервера	подтверждает, что сертификат сервера был передан его владельцем; не гарантирует, что его владельцу можно доверять
<code>ssl_ca_file</code>	сертификаты доверенных ЦС	позволяет проверить, что сертификат клиента подписан доверенным центром сертификации
<code>ssl_crl_file</code>	сертификаты, отозванные центрами сертификации	сертификат клиента должен отсутствовать в этом списке

Сервер читает эти файлы при запуске или при перезагрузке конфигурации. В системах Windows они также считываются заново, когда для нового клиентского подключения запускается новый обслуживающий процесс.

Если в этих файлах при запуске сервера обнаружится ошибка, сервер откажется запускаться. Но если ошибка обнаруживается при перезагрузке конфигурации, эти файлы игнорируются и продолжает использоваться старая конфигурация SSL. В системах Windows, если в одном из этих файлов обнаруживается ошибка при запуске обслуживающего процесса, этот процесс не сможет устанавливать SSL-соединения. Во всех таких случаях в журнал событий сервера выводится сообщение об ошибке.

18.9.5. Создание сертификатов

Чтобы создать простой самоподписанный сертификат для сервера, действующий 365 дней, выполните следующую команду OpenSSL, заменив `dbhost.yourdomain.com` именем компьютера, где размещён сервер:

```
openssl req -new -x509 -days 365 -nodes -text -out server.crt \  
-keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"
```

Затем выполните:

```
chmod og-rwx server.key
```

так как сервер не примет этот файл, если разрешения будут более либеральными, чем показанные. За дополнительными сведениями относительно создания закрытого ключа и сертификата сервера обратитесь к документации OpenSSL.

Хотя самоподписанный сертификат может успешно применяться при тестировании, в производственной среде следует использовать сертификат, подписанный центром сертификации (ЦС) (обычно это корневой ЦС предприятия).

Чтобы создать сертификат сервера, подлинность которого смогут проверять клиенты, сначала создайте запрос на получение сертификата (CSR) и файлы открытого/закрытого ключа:

```
openssl req -new -nodes -text -out root.csr \  
-keyout root.key -subj "/CN=root.yourdomain.com"  
chmod og-rwx root.key
```

Затем подпишите запрос ключом, чтобы создать корневой центр сертификации (с файлом конфигурации OpenSSL, помещённым в Linux в расположение по умолчанию):

```
openssl x509 -req -in root.csr -text -days 3650 \  
-extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \  
-signkey root.key -out root.crt
```

Наконец, создайте сертификат сервера, подписанный новым корневым центром сертификации:

```
openssl req -new -nodes -text -out server.csr \  
-keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"  
chmod og-rwx server.key
```

```
openssl x509 -req -in server.csr -text -days 365 \  
-CA root.crt -CAkey root.key -CAcreateserial \  
-out server.crt
```

`server.crt` и `server.key` должны быть сохранены на сервере, а `root.crt` — на клиенте, чтобы клиент мог убедиться в том, что конечный сертификат сервера подписан центром сертификации, которому он доверяет. Файл `root.key` следует хранить в изолированном месте для создания сертификатов в будущем.

Также возможно создать цепочку доверия, включающую промежуточные сертификаты:

```
# корневой сертификат  
openssl req -new -nodes -text -out root.csr \  
-keyout root.key -subj "/CN=root.yourdomain.com"  
chmod og-rwx root.key  
openssl x509 -req -in root.csr -text -days 3650 \  
-extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \  
-signkey root.key -out root.crt  
  
# промежуточный  
openssl req -new -nodes -text -out intermediate.csr \  
-keyout intermediate.key -subj "/CN=intermediate.yourdomain.com"  
chmod og-rwx intermediate.key  
openssl x509 -req -in intermediate.csr -text -days 1825 \  
-extfile /etc/ssl/openssl.cnf -extensions v3_ca \  
-CA root.crt -CAkey root.key -CAcreateserial \  
-out intermediate.crt  
  
# конечный  
openssl req -new -nodes -text -out server.csr \  
-keyout server.key -subj "/CN=dbhost.yourdomain.com"  
chmod og-rwx server.key  
openssl x509 -req -in server.csr -text -days 365 \  
-CA intermediate.crt -CAkey intermediate.key -CAcreateserial \  
-out server.crt
```

`server.crt` и `intermediate.crt` следует сложить вместе в пакет сертификатов и сохранить на сервере. Также на сервере следует сохранить `server.key`. Файл `root.crt` нужно сохранить на клиен-

те, чтобы клиент мог убедиться в том, что конечный сертификат сервера был подписан по цепочке сертификатов, связанных с корневым сертификатом, которому он доверяет. Файлы `root.key` и `intermediate.key` следует хранить в изолированном месте для создания сертификатов в будущем.

18.10. Защита соединений TCP/IP с применением туннелей SSH

Для защиты сетевых соединений клиентов с сервером PostgreSQL можно применить SSH. При правильном подходе это позволяет обеспечить должный уровень защиты сетевого трафика, даже для клиентов, не поддерживающих SSL.

Прежде всего, убедитесь, что на компьютере с сервером PostgreSQL также работает сервер SSH и вы можете подключиться к нему через `ssh` каким-нибудь пользователем. Затем вы можете установить защищённый туннель с клиентской машины следующим образом:

```
ssh -L 63333:localhost:5432 joe@foo.com
```

Первое число в аргументе `-L`, 63333 — это номер порта с вашей стороны туннеля; это может быть номер любого свободного порта. (IANA резервирует порты с 49152 по 65535 для частного использования.) Второе число, 5432 — порт с удалённой стороны туннеля, порт вашего сервера. Имя или IP-адрес между этими номерами портов идентифицирует целевой компьютер (где работает сервер баз данных, к которому вы будете подключаться), с точки зрения компьютера, с которого выполняется подключение (в данном примере, `foo.com`). Чтобы подключиться к этому серверу через созданный туннель, вы можете подключиться к порту 63333 на локальном компьютере:

```
psql -h localhost -p 63333 postgres
```

Для сервера баз данных это будет выглядеть так, как будто вы действительно пользователь `joe` компьютера `foo.com`, подключающийся к `localhost` в этом контексте, и он будет применять ту процедуру проверки подлинности, которая установлена для подключений данного пользователя с этого компьютера. Заметьте, что сервер не будет считать такое соединение защищённым SSL, так как на самом деле трафик между сервером SSH и сервером PostgreSQL не защищён. Это не должно нести какие-то дополнительные риски, так как эти серверы работают на одном компьютере.

Чтобы настроенный таким образом туннель работал, вы должны иметь возможность подключаться к компьютеру через `ssh` под именем `joe@foo.com`, так же, как это происходит при установлении терминального подключения с помощью `ssh`.

Вы также можете настроить перенаправление портов примерно так:

```
ssh -L 63333:foo.com:5432 joe@foo.com
```

Но в этом случае для сервера баз данных подключение будет приходить с его интерфейса `foo.com`, а этот интерфейс по умолчанию не прослушивается (вследствие указания `listen_addresses = 'localhost'`). Обычно требуется другое поведение.

Если вам нужно «перейти» к серверу баз данных через некоторый шлюз, это можно организовать примерно так:

```
ssh -L 63333:db.foo.com:5432 joe@shell.foo.com
```

Заметьте, что в этом случае трафик между `shell.foo.com` и `db.foo.com` не будет защищён туннелем SSH. SSH предлагает довольно много вариантов конфигурации, что позволяет организовывать защиту сети разными способами. За подробностями обратитесь к документации SSH.

Подсказка

Существуют и другие приложения, которые могут создавать безопасные туннели, применяя по сути тот же подход, что был описан выше.

18.11. Регистрация журнала событий в Windows

Чтобы зарегистрировать библиотеку журнала событий в Windows, выполните следующую команду:

```
regsvr32 каталог_библиотек_pgsql/pgevent.dll
```

При этом в реестре будут созданы необходимые записи для средства просмотра событий, относящиеся к источнику событий по умолчанию с именем PostgreSQL.

Чтобы задать другое имя источника событий (см. event_source), укажите ключи /n и /i:

```
regsvr32 /n /i:имя_источника_событий каталог_библиотек_pgsql/pgevent.dll
```

Чтобы разрегистрировать библиотеку журнала событий в операционной системе, выполните команду:

```
regsvr32 /u [/i:имя_источника_событий] каталог_библиотек_pgsql/pgevent.dll
```

Примечание

Чтобы сервер баз данных записывал сообщения в журнал событий, добавьте eventlog в параметр log_destination в postgresql.conf.

Глава 19. Настройка сервера

На работу системы баз данных оказывают влияние множество параметров конфигурации. В первом разделе этой главы рассказывается, как управлять этими параметрами, а в последующих разделах подробно описывается каждый из них.

19.1. Изменение параметров

19.1.1. Имена и значения параметров

Имена всех параметров являются регистронезависимыми. Каждый параметр принимает значение одного из пяти типов: логический, строка, целое, число с плавающей точкой или перечисление. От типа значения зависит синтаксис установки этого параметра:

- *Логический*: Значения могут задаваться строками `on`, `off`, `true`, `false`, `yes`, `no`, `1`, `0` (регистр не имеет значения), либо как достаточно однозначный префикс одной из этих строк.
- *Строка*: Обычно строковое значение заключается в апострофы (при этом внутренние апострофы дублируются). Однако, если значение является простым числом или идентификатором, апострофы обычно можно опустить.
- *Число (целое или с плавающей точкой)*: Десятичная точка как разделитель целой и дробной части допускается только для параметров, принимающих числа с плавающей точкой. Разделители разрядов в записи числа не принимаются. Заключать в апострофы число не требуется.
- *Число с единицей измерения*: Некоторые числовые параметры задаются с единицами измерения, так как они описывают количества информации или времени. Единицами могут быть байты, килобайты, блоки (обычно восемь килобайт), миллисекунды, секунды или минуты. При указании только числового значения для такого параметра единицей измерения будет считаться установленная для него единица по умолчанию, которая указывается в `pg_settings.unit`. Для удобства параметры также можно задавать, указывая единицу измерения явно, например, задать `'120 ms'` для значения времени. При этом такое значение будет переведено в основную единицу измерения параметра. Заметьте, что для этого значение должно записываться в виде строки (в апострофах). Имя единицы является регистронезависимым, а между ним и числом допускаются пробельные символы.
 - Допустимые единицы информации: `B` (байты), `kB` (килобайты), `MB` (мегабайты), `GB` (гигабайты) и `TB` (терабайты). Множителем единиц информации считается 1024, не 1000.
 - Допустимые единицы времени: `ms` (миллисекунды), `s` (секунды), `min` (минуты), `h` (часы) и `d` (дни).
- *Перечисление*: Параметры, имеющие тип перечисление, записываются так же, как строковые параметры, но могут иметь только ограниченный набор значений. Список допустимых значений такого параметра задаётся в `pg_settings.enumvals`. В значениях перечислений регистр не учитывается.

19.1.2. Определение параметров в файле конфигурации

Самый основной способ установки этих параметров — определение их значений в файле `postgresql.conf`, который обычно находится в каталоге данных. При инициализации каталога кластера БД в этот каталог помещается копия стандартного файла. Например, он может выглядеть так:

```
# Это комментарий
log_connections = yes
log_destination = 'syslog'
search_path = '$user', public
shared_buffers = 128MB
```

Каждый параметр определяется в отдельной строке. Знак равенства в ней между именем и значением является необязательным. Пробельные символы в строке не играют роли (кроме значе-

ний, заключённых в апострофы), а пустые строки игнорируются. Знаки решётки (#) обозначают продолжение строки как комментарий. Значения параметров, не являющиеся простыми идентификаторами или числами, должны заключаться в апострофы. Чтобы включить в такое значение собственно апостроф, его следует продублировать (предпочтительнее) или предварить обратной косой чертой.

Параметры, установленные таким образом, задают значения по умолчанию для данного кластера. Эти значения будут действовать в активных сеансах, если не будут переопределены. В следующих разделах описывается, как их может переопределить администратор или пользователь.

Основной процесс сервера перечитывает файл конфигурации заново, получая сигнал SIGHUP; послать его проще всего можно, запустив `pg_ctl reload` в командной строке или вызвав SQL-функцию `pg_reload_conf()`. Основной процесс сервера передаёт этот сигнал всем остальным запущенным серверным процессам, так что существующие сеансы тоже получают новые значения (после того, как завершится выполнение текущей команды клиента). Также возможно послать этот сигнал напрямую одному из серверных процессов. Учтите, что некоторые параметры можно установить только при запуске сервера; любые изменения их значений в файле конфигурации не будут учитываться до перезапуска сервера. Более того, при обработке SIGHUP игнорируются неверные значения параметров (но об этом сообщается в журнале).

В дополнение к `postgresql.conf` в каталоге данных PostgreSQL содержится файл `postgresql.auto.conf`, который имеет тот же формат, что и `postgresql.conf`, но не должен редактироваться вручную. Этот файл содержит параметры, задаваемые командой `ALTER SYSTEM`. Он считывается автоматически одновременно с `postgresql.conf` и заданные в нём параметры действуют таким же образом. Параметры в `postgresql.auto.conf` переопределяют те, что указаны в `postgresql.conf`.

Системное представление `pg_file_settings` может быть полезным для предварительной проверки изменений в файле конфигурации или диагностики проблем, если сигнал SIGHUP не даёт желаемого эффекта.

19.1.3. Управление параметрами через SQL

В PostgreSQL есть три SQL-команды, задающие для параметров значения по умолчанию. Уже упомянутая команда `ALTER SYSTEM` даёт возможность изменять глобальные значения средствами SQL; она функционально равнозначна редактированию `postgresql.conf`. Кроме того, есть ещё две команды, которые позволяют задавать значения по умолчанию на уровне баз данных и ролей:

- Команда `ALTER DATABASE` позволяет переопределить глобальные параметры на уровне базы данных.
- Команда `ALTER ROLE` позволяет переопределить для конкретного пользователя как глобальные, так и локальные для базы данных параметры.

Значения, установленные командами `ALTER DATABASE` и `ALTER ROLE`, применяются только при новом подключении к базе данных. Они переопределяют значения, полученные из файлов конфигурации или командной строки сервера, и применяются по умолчанию в рамках сеанса. Заметьте, что некоторые параметры невозможно изменить после запуска сервера, поэтому их нельзя установить этими командами (или командами, перечисленными ниже).

Когда клиент подключён к базе данных, он может воспользоваться двумя дополнительными командами SQL (и равнозначными функциями), которые предоставляет PostgreSQL для управления параметрами конфигурации:

- Команда `SHOW` позволяет узнать текущее значение всех параметров. Соответствующая ей функция — `current_setting(имя_параметра text)`.
- Команда `SET` позволяет изменить текущее значение параметров, которые действуют локально в рамках сеанса; на другие сеансы она не влияет. Соответствующая ей функция — `set_config(имя_параметра, новое_значение, локально)`.

Кроме того, просмотреть и изменить значения параметров для текущего сеанса можно в системном представлении `pg_settings`:

- Запрос на чтение представления выдаёт ту же информацию, что и `SHOW ALL`, но более подробно. Этот подход и более гибкий, так как в нём можно указать условия фильтра или связать результат с другими отношениями.
- Выполнение `UPDATE` для этого представления, а именно присвоение значения столбцу, равносильно выполнению команды `SET`. Например, команде

```
SET configuration_parameter TO DEFAULT;
```

равнозначен запрос:

```
UPDATE pg_settings SET setting = reset_val WHERE name = 'configuration_parameter';
```

19.1.4. Управление параметрами в командной строке

Помимо изменения глобальных значений по умолчанию и переопределения их на уровне базы данных или роли, параметры PostgreSQL можно изменить, используя средства командной строки. Управление через командную строку поддерживают и сервер, и клиентская библиотека `libpq`.

- При запуске сервера, значения параметров можно передать команде `postgres` в аргументе командной строки `-c`. Например:

```
postgres -c log_connections=yes -c log_destination='syslog'
```

Параметры, заданные таким образом, переопределяют те, что были установлены в `postgresql.conf` или командой `ALTER SYSTEM`, так что их нельзя изменить глобально без перезапуска сервера.

- При запуске клиентского сеанса, использующего `libpq`, значения параметров можно указать в переменной окружения `PGOPTIONS`. Заданные таким образом параметры будут определять значения по умолчанию на время сеанса, но никак не влияют на другие сеансы. По историческим причинам формат `PGOPTIONS` похож на тот, что применяется при запуске команды `postgres`; в частности, в нём должен присутствовать флаг `-c`. Например:

```
env PGOPTIONS="-c geqo=off -c statement_timeout=5min" psql
```

Другие клиенты и библиотеки могут иметь собственные механизмы управления параметрами, через командную строку или как-то иначе, используя которые пользователь сможет менять параметры сеанса, не выполняя непосредственно команды SQL.

19.1.5. Упорядочение содержимого файлов конфигурации

PostgreSQL предоставляет несколько возможностей для разделения сложных файлов `postgresql.conf` на вложенные файлы. Эти возможности особенно полезны при управлении множеством серверов с похожими, но не одинаковыми конфигурациями.

Помимо присвоений значений параметров, `postgresql.conf` может содержать *директивы включения* файлов, которые будут прочитаны и обработаны, как если бы их содержимое было вставлено в данном месте файла конфигурации. Это позволяет разбивать файл конфигурации на физически отдельные части. Директивы включения записываются просто:

```
include 'имя_файла'
```

Если имя файла задаётся не абсолютным путём, оно рассматривается относительно каталога, в котором находится включающий файл конфигурации. Включения файлов могут быть вложенными.

Кроме того, есть директива `include_if_exists`, которая работает подобно `include`, за исключением случаев, когда включаемый файл не существует или не может быть прочитан. Обычная директива `include` считает это критической ошибкой, но `include_if_exists` просто выводит сообщение и продолжает обрабатывать текущий файл конфигурации.

Файл `postgresql.conf` может также содержать директивы `include_dir`, позволяющие подключать целые каталоги с файлами конфигурации. Они записываются так:

```
include_dir 'каталог'
```

Имена, заданные не абсолютным путём, рассматриваются относительно каталога, содержащего текущий файл конфигурации. В заданном каталоге включению подлежат только файлы с именами, оканчивающимися на `.conf`. При этом файлы с именами, начинающимися с «.», тоже игнорируются, для предотвращения ошибок, так как они считаются скрытыми в ряде систем. Набор файлов во включаемом каталоге обрабатывается по порядку имён (определяемому правилами, принятыми в C, т. е. цифры идут перед буквами, а буквы в верхнем регистре — перед буквами в нижнем).

Включение файлов или каталогов позволяет разделить конфигурацию базы данных на логические части, а не вести один большой файл `postgresql.conf`. Например, представьте, что в некоторой компании есть два сервера баз данных, с разным объёмом ОЗУ. Скорее всего при этом их конфигурации будут иметь общие элементы, например, параметры ведения журналов. Но параметры, связанные с памятью, у них будут различаться. Кроме того, другие параметры могут быть специфическими для каждого сервера. Один из вариантов эффективного управления такими конфигурациями — разделить изменения стандартной конфигурации на три файла. Чтобы подключить эти файлы, можно добавить в конец файла `postgresql.conf` следующие директивы:

```
include 'shared.conf'
include 'memory.conf'
include 'server.conf'
```

Общие для всех серверов параметры будут помещаться в `shared.conf`. Файл `memory.conf` может иметь два варианта — первый для серверов с 8ГБ ОЗУ, а второй для серверов с 16 ГБ. Наконец, `server.conf` может содержать действительно специфические параметры для каждого отдельного сервера.

Также возможно создать каталог с файлами конфигурации и поместить туда все эти файлы. Например, так можно подключить каталог `conf.d` в конце `postgresql.conf`:

```
include_dir 'conf.d'
```

Затем можно дать файлам в каталоге `conf.d` следующие имена:

```
00shared.conf
01memory.conf
02server.conf
```

Такое именование устанавливает чёткий порядок подключения этих файлов, что важно, так как если параметр определяется несколько раз в разных файлах конфигурации, действовать будет последнее определение. В рамках данного примера, установленное в `conf.d/02server.conf` значение переопределит значение того же параметра, заданное в `conf.d/01memory.conf`.

Вы можете применить этот подход и с описательными именами файлов:

```
00shared.conf
01memory-8GB.conf
02server-foo.conf
```

При таком упорядочивании каждому варианту файла конфигурации даётся уникальное имя. Это помогает исключить конфликты, если конфигурации разных серверов нужно хранить в одном месте, например, в репозитории системы управления версиями. (Кстати, хранение файлов конфигурации в системе управления версиями — это ещё один эффективный приём, который стоит применять.)

19.2. Расположения файлов

В дополнение к вышеупомянутому `postgresql.conf`, PostgreSQL обрабатывает два редактируемых вручную файла конфигурации, в которых настраивается аутентификация клиентов (их использо-

вание рассматривается в Главе 20). По умолчанию все три файла конфигурации размещаются в каталоге данных кластера БД. Параметры, описанные в этом разделе, позволяют разместить их и в любом другом месте. (Это позволяет упростить администрирование, в частности, выполнять резервное копирование этих файлов обычно проще, когда они хранятся отдельно.)

`data_directory (string)`

Задаёт каталог, в котором хранятся данные. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`config_file (string)`

Задаёт основной файл конфигурации сервера (его стандартное имя — `postgresql.conf`). Этот параметр можно задать только в командной строке `postgres`.

`hba_file (string)`

Задаёт файл конфигурации для аутентификации по сетевым узлам (его стандартное имя — `pg_hba.conf`). Этот параметр можно задать только при старте сервера.

`ident_file (string)`

Задаёт файл конфигурации для сопоставлений имён пользователей (его стандартное имя — `pg_ident.conf`). Этот параметр можно задать только при запуске сервера. См. также Раздел 20.2.

`external_pid_file (string)`

Задаёт имя дополнительного файла с идентификатором процесса (PID), который будет создавать сервер для использования программами администрирования. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

При стандартной установке ни один из этих параметров не задаётся явно. Вместо них задаётся только каталог данных, аргументом командной строки `-D` или переменной окружения `PGDATA`, и все необходимые файлы конфигурации загружаются из этого каталога.

Если вы хотите разместить файлы конфигурации не в каталоге данных, то аргумент командной строки `postgres -D` или переменная окружения `PGDATA` должны указывать на каталог, содержащий файлы конфигурации, а в `postgresql.conf` (или в командной строке) должен задаваться параметр `data_directory`, указывающий, где фактически находятся данные. Учтите, что `data_directory` переопределяет путь, задаваемый в `-D` или `PGDATA` как путь каталога данных, но не расположение файлов конфигурации.

При желании вы можете задать имена и расположение файлов конфигурации по отдельности, воспользовавшись параметрами `config_file`, `hba_file` и/или `ident_file`. Параметр `config_file` можно задать только в командной строке `postgres`, тогда как остальные можно задать и в основном файле конфигурации. Если явно заданы все три эти параметра плюс `data_directory`, то задавать `-D` или `PGDATA` не нужно.

Во всех этих параметрах относительный путь должен задаваться от каталога, в котором запускается `postgres`.

19.3. Подключения и аутентификация

19.3.1. Параметры подключений

`listen_addresses (string)`

Задаёт адреса TCP/IP, по которым сервер будет принимать подключения клиентских приложений. Это значение принимает форму списка, разделённого запятыми, из имён и/или числовых

IP-адресов компьютеров. Особый элемент, *, обозначает все имеющиеся IP-интерфейсы. Запись 0.0.0.0 позволяет задействовать все адреса IPv4, а :: — все адреса IPv6. Если список пуст, сервер не будет привязываться ни к какому IP-интерфейсу, а значит, подключиться к нему можно будет только через Unix-сокеты. По умолчанию этот параметр содержит localhost, что допускает подключение к серверу по TCP/IP только через локальный интерфейс «замыкания». Хотя механизм аутентификации клиентов (см. Главу 20) позволяет гибко управлять доступом пользователей к серверу, параметр `listen_addresses` может ограничить интерфейсы, через которые будут приниматься соединения, что бывает полезно для предотвращения злонамеренных попыток подключения через незащищённые сетевые интерфейсы. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`port (integer)`

TCP-порт, открываемый сервером; по умолчанию, 5432. Заметьте, что этот порт используется для всех IP-адресов, через которые сервер принимает подключения. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`max_connections (integer)`

Определяет максимальное число одновременных подключений к серверу БД. По умолчанию обычно это 100 подключений, но это число может быть меньше, если ядро накладывает свои ограничения (это определяется в процессе `initdb`). Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

`superuser_reserved_connections (integer)`

Определяет количество «слотов» подключений, которые PostgreSQL будет резервировать для суперпользователей. При этом всего одновременно активными могут быть максимум `max_connections` подключений. Когда число активных одновременных подключений больше или равно `max_connections` минус `superuser_reserved_connections`, принимаются только подключения суперпользователей, а все другие подключения, в том числе подключения для репликации, запрещаются.

По умолчанию резервируются три соединения. Это значение должно быть меньше значения `max_connections` минус `max_wal_senders`. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`unix_socket_directories (string)`

Задаёт каталог Unix-сокета, через который сервер будет принимать подключения клиентских приложений. Создать несколько сокетов можно, перечислив в этом значении несколько каталогов через запятую. Пробелы между элементами этого списка игнорируются; если в пути каталога содержатся пробелы, его нужно заключать в двойные кавычки. При пустом значении сервер не будет работать с Unix-сокетами, в этом случае к нему можно будет подключиться только по TCP/IP. Значение по умолчанию обычно `/tmp`, но его можно изменить во время сборки. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Помимо самого файла сокета, который называется `.s.PGSQL.nnnn` (где `nnnn` — номер порта сервера), в каждом каталоге `unix_socket_directories` создаётся обычный файл `.s.PGSQL.nnnn.lock`. Ни в коем случае не удаляйте эти файлы вручную.

Этот параметр не действует в системе Windows, так как в ней нет Unix-сокетов.

`unix_socket_group (string)`

Задаёт группу-владельца Unix-сокетов. (Пользователем-владельцем сокетов всегда будет пользователь, запускающий сервер.) В сочетании с `unix_socket_permissions` данный параметр можно использовать как дополнительный механизм управления доступом к Unix-сокетам. По

умолчанию он содержит пустую строку, то есть группой-владельцем становится основная группа пользователя, запускающего сервер. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Этот параметр не действует в системе Windows, так как в ней нет Unix-сокетов.

`unix_socket_permissions (integer)`

Задаёт права доступа к Unix-сокеты. Для Unix-сокетов применяется обычный набор разрешений Unix. Значение параметра ожидается в числовом виде, который принимают функции `chmod` и `umask`. (Для применения обычного восьмеричного формата число должно начинаться с 0 (нуля).)

По умолчанию действуют разрешения `0777`, при которых подключаться к сокету могут все. Другие разумные варианты — `0770` (доступ имеет только пользователь и группа, см. также `unix_socket_group`) и `0700` (только пользователь). (Заметьте, что для Unix-сокетов требуется только право на запись, так что добавлять или отзывать права на чтение/выполнение не имеет смысла.)

Этот механизм управления доступом не зависит от описанного в Главе 20.

Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Данный параметр неприменим для некоторых систем, в частности, Solaris (а именно Solaris 10), которые полностью игнорируют разрешения для сокетов. В таких системах примерно тот же эффект можно получить, указав в параметре `unix_socket_directories` каталог, доступ к которому ограничен должным образом. Этот параметр также неприменим в Windows, где нет Unix-сокетов.

`bonjour (boolean)`

Включает объявления о существовании сервера посредством Bonjour. По умолчанию выключен. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`bonjour_name (string)`

Задаёт имя службы в среде Bonjour. Если значение этого параметра — пустая строка (') (это значение по умолчанию), в качестве этого имени используется имя компьютера. Этот параметр игнорируется, если сервер был скомпилирован без поддержки Bonjour. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`tcp_keepalives_idle (integer)`

Задаёт период неактивности (в секундах), после которого по TCP клиенту должен отправляться сигнал сохранения соединения. При значении 0 действует системный параметр. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPI` или равнозначный, и в Windows; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

Примечание

В Windows при нулевом значении этот период устанавливается равным 2 часам, так как Windows не позволяет прочитать системное значение по умолчанию.

`tcp_keepalives_interval (integer)`

Задаёт интервал (в секундах), по истечении которого следует повторять сигнал сохранения соединения, если ответ от клиента не был получен. При значении 0 действует системное значение. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета

TCP_KEEPINTVL или равнозначный, и в Windows; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

Примечание

В Windows при нулевом значении этот интервал устанавливается равным 1 секунде, так как Windows не позволяет прочитать системное значение по умолчанию.

tcp_keepalives_count (integer)

Задаёт число TCP-сигналов сохранения соединения, которые могут быть потеряны до того, как соединение сервера с клиентом будет признано прерванным. При значении 0 действует системное значение. Этот параметр поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета TCP_KEEPCNT или равнозначный; в других системах он должен быть равен нулю. В сеансах, подключённых через Unix-сокеты, он игнорируется и всегда считается равным 0.

Примечание

В Windows данный параметр не поддерживается и должен быть равен нулю.

19.3.2. Аутентификация

authentication_timeout (integer)

Максимальное время, за которое должна произойти аутентификация (в секундах). Если потенциальный клиент не сможет пройти проверку подлинности за это время, сервер закроет соединение. Благодаря этому, зависшие при подключении клиенты не будут занимать соединения неограниченно долго. Значение этого параметра по умолчанию — одна минута (1m). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

password_encryption (enum)

Когда в CREATE ROLE или ALTER ROLE задаётся пароль, этот параметр определяет, каким алгоритмом его шифровать. Значение по умолчанию — md5 (пароль сохраняется в виде хеша MD5), также в качестве псевдонима md5 принимается значение on. Значение scram-sha-256 указывает, что пароль будет шифроваться алгоритмом SCRAM-SHA-256.

Учтите, что старые клиенты могут не поддерживать механизм проверки подлинности SCRAM и поэтому не будут работать с паролями, зашифрованными алгоритмом SCRAM-SHA-256. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

krb_server_keyfile (string)

Задаёт размещение файла ключей для сервера Kerberos. За подробностями обратитесь к Разделу 20.6. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

krb_caseins_users (boolean)

Определяет, должны ли имена пользователей GSSAPI обрабатываться без учёта регистра. По умолчанию значение этого параметра — off (регистр учитывается). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

db_user_namespace (boolean)

Этот параметр позволяет относить имена пользователей к базам данных. По умолчанию он имеет значение off (выключен). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Если он включён, имена создаваемых пользователей должны иметь вид `имя_пользователя@база_данных`. Когда подключающийся клиент передаёт `имя_пользователя`, к этому имени добавляется `@` с именем базы данных, и сервер идентифицирует пользователя по этому полному имени. Заметьте, что для создания пользователя с именем, содержащим `@`, в среде SQL потребуются заключить это имя в кавычки.

Когда этот параметр включён, он не мешает создавать и использовать обычных глобальных пользователей. Чтобы подключиться с таким именем пользователя, достаточно добавить к имени `@`, например так: `joe@`. Получив такое имя, сервер отбросит `@`, и будет идентифицировать пользователя по начальному имени.

Параметр `db_user_namespace` порождает расхождение между именами пользователей на стороне сервера и клиента. Но проверки подлинности всегда выполняются с именем с точки зрения сервера, так что, настраивая аутентификацию, следует указывать серверное представление имени, а не клиентское. Так как метод аутентификации `md5` подмешивает имя пользователя в качестве соли и на стороне сервера, и на стороне клиента, при включённом параметре `db_user_namespace` использовать `md5` невозможно.

Примечание

Эта возможность предлагается в качестве временной меры, пока не будет найдено полноценное решение. Тогда этот параметр будет ликвидирован.

19.3.3. SSL

Дополнительную информацию о настройке SSL можно получить в Разделе 18.9.

`ssl (boolean)`

Разрешает подключения SSL. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `off`.

`ssl_ca_file (string)`

Задаёт имя файла, содержащего сертификаты центров сертификации (ЦС) для SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр пуст, что означает, что файл сертификатов ЦС не загружается и проверка клиентских сертификатов не производится.

`ssl_cert_file (string)`

Задаёт имя файла, содержащего сертификат этого SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `server.crt`.

`ssl_crl_file (string)`

Задаёт имя файла, содержащего список отзыва сертификатов (CRL, Certificate Revocation List) для SSL-сервера. При указании относительного пути он рассматривается от каталога данных. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр пуст, что означает, что файл CRL не загружается.

`ssl_key_file (string)`

Задаёт имя файла, содержащего закрытый ключ SSL-сервера. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `server.key`.

ssl_ciphers (string)

Задаёт список наборов шифров SSL, которые могут применяться для защиты соединений. Синтаксис этого параметра и список поддерживаемых значений можно найти на странице `ciphers` руководства по OpenSSL. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `HIGH:MEDIUM:+3DES:!aNULL`. Обычно оно вполне приемлемо при отсутствии особых требований по безопасности.

Объяснение значения по умолчанию:

HIGH

Наборы шифров, в которых используются шифры из группы высокого уровня (HIGH), (например: AES, Camellia, 3DES)

MEDIUM

Наборы шифров, в которых используются шифры из группы среднего уровня (MEDIUM) (например, RC4, SEED)

+3DES

Порядок шифров для группы HIGH по умолчанию в OpenSSL определён некорректно. В нём 3DES оказывается выше AES128, что неправильно, так как он считается менее безопасным, чем AES128, и работает гораздо медленнее. Включение +3DES меняет этот порядок, чтобы данный алгоритм следовал после всех шифров групп HIGH и MEDIUM.

!aNULL

Отключает наборы анонимных шифров, не требующие проверки подлинности. Такие наборы уязвимы для атак с посредником, поэтому использовать их не следует.

Конкретные наборы шифров и их свойства очень различаются от версии к версии OpenSSL. Чтобы получить фактическую информацию о них для текущей установленной версии OpenSSL, выполните команду `openssl ciphers -v 'HIGH:MEDIUM:+3DES:!aNULL'`. Учтите, что этот список фильтруется во время выполнения, в зависимости от типа ключа сервера.

ssl_prefer_server_ciphers (boolean)

Определяет, должны ли шифры SSL сервера предпочитаться клиентским. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `true`.

В старых версиях PostgreSQL этот параметр отсутствовал и предпочтение отдавалось выбору клиента. Введён этот параметр в основном для обеспечения совместимости с этими версиями. Вообще же обычно лучше использовать конфигурацию сервера, так как в конфигурации на стороне клиента более вероятны ошибки.

ssl_ecdh_curve (string)

Задаёт имя кривой для использования при обмене ключами ECDH. Эту кривую должны поддерживать все подключающиеся клиенты. Это не обязательно должна быть кривая, с которой был получен ключ сервера. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `prime256v1`.

Наиболее распространённые кривые в OpenSSL — `prime256v1` (NIST P-256), `secp384r1` (NIST P-384), `secp521r1` (NIST P-521). Полный список доступных кривых можно получить командой `openssl ecparam -list_curves`. Однако не все из них пригодны для TLS.

ssl_dh_params_file (string)

Задаёт имя файла с параметрами алгоритма Диффи-Хеллмана, применяемого для так называемого эфемерного семейства DH шифров SSL. По умолчанию значение пустое, то есть используются стандартные параметры DH, заданные при компиляции. Использование нестандартных

параметров DH защищает от атаки, рассчитанной на взлом хорошо известных встроенных параметров DH. Создать собственный файл с параметрами DH можно, выполнив команду `openssl dhparam -out dhparams.pem 2048`.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_passphrase_command (string)`

Задаёт внешнюю команду, которая будет вызываться, когда потребуется пароль для расшифрования SSL-файла, например закрытого ключа. По умолчанию этот параметр не определён, то есть пароль будет запрашиваться встроенным механизмом.

Эта команда должна вывести пароль на устройство стандартного вывода и завершиться с кодом 0. В строке параметра `%p` заменяется строкой приглашения. (Напишите `%%`, чтобы вывести `%` буквально.) Заметьте, что строка приглашения, вероятно, будет содержать пробелы, так что её нужно будет заключить в кавычки. Если в конце добавлен один перевод строки, он будет отфильтрован при выводе.

Эта команда не обязательно должна запрашивать пароль у пользователя. Она может считать его из файла, извлечь из системной связки ключей или получить другими подобными средствами. Ответственность за выбор достаточно безопасного механизма возлагается на пользователя.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`ssl_passphrase_command_supports_reload (boolean)`

Этот параметр определяет, будет ли заданная параметром `ssl_passphrase_command` команда, запрашивающая пароль, также вызываться при перезагрузке конфигурации, если для файла ключа требуется пароль. Если этот параметр равен `false` (по умолчанию), команда `ssl_passphrase_command` будет игнорироваться при перезагрузке, и конфигурация SSL не будет обновляться, если требуется пароль. Это значение подходит для команды, требующей для ввода пароля наличия терминала TTY, который может быть недоступен в процессе работы сервера. Значение `true` для данного параметра может быть уместно, если, например, пароль считывается из файла.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.4. Потребление ресурсов

19.4.1. Память

`shared_buffers (integer)`

Задаёт объём памяти, который будет использовать сервер баз данных для буферов в разделяемой памяти. По умолчанию это обычно 128 мегабайт (128МБ), но может быть и меньше, если конфигурация вашего ядра накладывает дополнительные ограничения (это определяется в процессе `initdb`). Это значение не должно быть меньше 128 килобайт. (Этот минимум зависит от величины `BLCKSZ`.) Однако для хорошей производительности обычно требуются гораздо большие значения. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Если вы используете выделенный сервер с объёмом ОЗУ 1 ГБ и более, разумным начальным значением `shared_buffers` будет 25% от объёма памяти. Существуют варианты нагрузки, при которых эффективны будут и ещё большие значения `shared_buffers`, но так как PostgreSQL использует и кеш операционной системы, выделять для `shared_buffers` более 40% ОЗУ вряд ли будет полезно. При увеличении `shared_buffers` обычно требуется соответственно увеличить `max_wal_size`, чтобы растянуть процесс записи большого объёма новых или изменённых данных на более продолжительное время.

В системах с объёмом ОЗУ меньше 1 ГБ стоит ограничиться меньшим процентом ОЗУ, чтобы оставить достаточно места операционной системе.

`huge_pages` (enum)

Определяет, будут ли огромные страницы запрашиваться из основной области общей памяти. Допустимые значения: `try` (по умолчанию), `on` и `off`. Когда параметр `huge_pages` равен `try`, сервер будет пытаться запрашивать огромные страницы, но если это ему не удастся, вернётся к стандартному поведению. Со значением `on`, если получить огромные страницы не удастся, сервер не будет запущен. Со значением `off` большие страницы не будут запрашиваться.

В настоящее время это поддерживается только в Linux и Windows. Во всех других системах значение `try` просто игнорируется.

В результате использования огромных страниц уменьшаются таблицы страниц, и процессор тратит меньше времени на управление памятью, что приводит к увеличению быстродействия. За более подробной информацией об использовании огромных страниц в Linux обратитесь к Подразделу 18.4.5.

Огромные страницы в Windows называются большими страницами. Чтобы использовать их, необходимо дать пользователю Windows, от имени которого работает PostgreSQL, право блокировать страницы. Для назначения пользователю этого права вы можете воспользоваться средством управления групповой политикой Windows (`gpedit.msc`). Чтобы сервер баз данных запускался в командной строке как отдельный процесс, а не как служба Windows, приглашение командной строки должно запускаться от имени администратора или должен быть отключён механизм UAC (User Access Control, Контроль учётных записей пользователей). Когда UAC включён, в обычном командном приглашении пользователь лишается права блокировать большие страницы в памяти.

Заметьте, что этот параметр влияет только на основную область общей памяти. В операционных системах, таких как Linux, FreeBSD и Illumos огромные страницы (также называемые «суперстраницами» или «большими» страницами) могут также автоматически использоваться при обычном выделении памяти, без явного запроса со стороны PostgreSQL. В Linux это называется «прозрачными огромными страницами» (Transparent Huge Pages, THP). Известно, что это приводит к снижению быстродействия PostgreSQL в некоторых системах Linux у ряда пользователей, поэтому использовать этот механизм в настоящее время не рекомендуется (в отличие от явного использования `huge_pages`).

`temp_buffers` (integer)

Задаёт максимальное число временных буферов для каждого сеанса. По умолчанию объём временных буферов составляет восемь мегабайт (1024 буфера). Этот параметр можно изменить в отдельном сеансе, но только до первого обращения к временным таблицам; после этого изменить его значение для текущего сеанса не удастся.

Сеанс выделяет временные буферы по мере необходимости до достижения предела, заданного параметром `temp_buffers`. Если сеанс не задействует временные буферы, то для него хранятся только дескрипторы буферов, которые занимают около 64 байтов (в количестве `temp_buffers`). Однако если буфер действительно используется, он будет дополнительно занимать 8192 байта (или в общем случае, `BLCKSZ` байтов).

`max_prepared_transactions` (integer)

Задаёт максимальное число транзакций, которые могут одновременно находиться в «подготовленном» состоянии (см. `PREPARE TRANSACTION`). При нулевом значении (по умолчанию) механизм подготовленных транзакций отключается. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

Если использовать транзакции не планируется, этот параметр следует обнулить, чтобы не допустить непреднамеренного создания подготовленных транзакций. Если же подготовленные

транзакции применяются, то `max_prepared_transactions`, вероятно, должен быть не меньше, чем `max_connections`, чтобы подготовить транзакцию можно было в каждом сеансе.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

`work_mem (integer)`

Задаёт объём памяти, который будет использоваться для внутренних операций сортировки и хеш-таблиц, прежде чем будут задействованы временные файлы на диске. Значение по умолчанию — четыре мегабайта (4МБ). Заметьте, что в сложных запросах одновременно могут выполняться несколько операций сортировки или хеширования, так что этот объём памяти будет доступен для каждой операции. Кроме того, такие операции могут выполняться одновременно в разных сеансах. Таким образом, общий объём памяти может многократно превосходить значение `work_mem`; это следует учитывать, выбирая подходящее значение. Операции сортировки используются для `ORDER BY`, `DISTINCT` и соединений слиянием. Хеш-таблицы используются при соединениях и агрегировании по хешу, а также обработке подзапросов `IN` с применением хеша.

`maintenance_work_mem (integer)`

Задаёт максимальный объём памяти для операций обслуживания БД, в частности `VACUUM`, `CREATE INDEX` и `ALTER TABLE ADD FOREIGN KEY`. По умолчанию его значение — 64 мегабайта (64МБ). Так как в один момент времени в сеансе может выполняться только одна такая операция, и обычно они не запускаются параллельно, это значение вполне может быть гораздо больше `work_mem`. Увеличение этого значения может привести к ускорению операций очистки и восстановления БД из копии.

Учтите, что когда выполняется автоочистка, этот объём может быть выделен `autovacuum_max_workers` раз, поэтому не стоит устанавливать значение по умолчанию слишком большим. Возможно, будет лучше управлять объёмом памяти для автоочистки отдельно, изменяя `autovacuum_work_mem`.

`autovacuum_work_mem (integer)`

Задаёт максимальный объём памяти, который будет использовать каждый рабочий процесс автоочистки. По умолчанию равен -1, что означает, что этот объём определяется значением `maintenance_work_mem`. Этот параметр не влияет на поведение команды `VACUUM`, выполняемой в других контекстах.

`max_stack_depth (integer)`

Задаёт максимальную безопасную глубину стека для исполнителя. В идеале это значение должно равняться предельному размеру стека, ограниченному ядром (как устанавливает команда `ulimit -s` или равнозначные ей), за вычетом запаса примерно в мегабайт. Этот запас необходим, потому что сервер проверяет глубину стека не в каждой процедуре, а только в потенциально рекурсивных процедурах, например, при вычислении выражений. Значение по умолчанию — два мегабайта (2МБ), выбрано с большим запасом, так что риск переполнения стека минимален. Однако, с другой стороны, его может быть недостаточно для выполнения сложных функций. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Если `max_stack_depth` будет превышать фактический предел ядра, то функция с неограниченной рекурсией сможет вызвать крах отдельного процесса сервера. В системах, где PostgreSQL может определить предел, установленный ядром, он не позволит установить для этого параметра небезопасное значение. Однако эту информацию выдают не все системы, поэтому выбирать это значение следует с осторожностью.

`dynamic_shared_memory_type (enum)`

Выбирает механизм динамической разделяемой памяти, который будет использовать сервер. Допустимые варианты: `posix` (для выделения разделяемой памяти POSIX функцией `shm_open`), `sysv` (для выделения разделяемой памяти System V функцией `shmget`), `windows` (для выделения

разделяемой памяти в Windows), `mmap` (для эмуляции разделяемой памяти через отображение в память файлов, хранящихся в каталоге данных) и `none` (для отключения этой функциональности). Не все варианты поддерживаются на разных платформах; первый из поддерживаемых данной платформой вариантов становится для неё вариантом по умолчанию. Применять `mmap`, который нигде не выбирается по умолчанию, вообще не рекомендуется, так как операционная система может периодически записывать на диск изменённые страницы, что создаст дополнительную нагрузку; однако, это может быть полезно для отладки, когда каталог `pg_dynshmem` находится в RAM-диске или когда другие механизмы разделяемой памяти недоступны.

19.4.2. Диск

`temp_file_limit` (integer)

Задаёт максимальный объём дискового пространства, который сможет использовать один процесс для временных файлов, например, при сортировке и хешировании, или для сохранения удерживаемого курсора. Транзакция, которая попытается превысить этот предел, будет отменена. Этот параметр задаётся в килобайтах, а значение `-1` (по умолчанию) означает, что предел отсутствует. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр ограничивает общий объём, который могут занимать в момент времени все временные файлы, задействованные в данном процессе PostgreSQL. Следует отметить, что при этом учитывается только место, занимаемое явно создаваемыми временными таблицами; на временные файлы, которые создаются неявно при выполнении запроса, это ограничение *не* распространяется.

19.4.3. Использование ресурсов ядра

`max_files_per_process` (integer)

Задаёт максимальное число файлов, которые могут быть одновременно открыты каждым серверным подпроцессом. Значение по умолчанию — 1000 файлов. Если ядро реализует безопасное ограничение по процессам, об этом параметре можно не беспокоиться. Но на некоторых платформах (а именно, в большинстве систем BSD) ядро позволяет отдельному процессу открыть больше файлов, чем могут открыть несколько процессов одновременно. Если вы столкнётесь с ошибками «Too many open files» (Слишком много открытых файлов), попробуйте уменьшить это число. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

19.4.4. Задержка очистки по стоимости

Во время выполнения команд `VACUUM` и `ANALYZE` система ведёт внутренний счётчик, в котором суммирует оцениваемую стоимость различных выполняемых операций ввода/вывода. Когда накопленная стоимость превышает предел (`vacuum_cost_limit`), процесс, выполняющий эту операцию, засыпает на некоторое время (`vacuum_cost_delay`). Затем счётчик сбрасывается и процесс продолжается.

Данный подход реализован для того, чтобы администраторы могли снизить влияние этих команд на параллельную работу с базой, за счёт уменьшения нагрузки на подсистему ввода-вывода. Очень часто не имеет значения, насколько быстро выполняются команды обслуживания (например, `VACUUM` и `ANALYZE`), но очень важно, чтобы они как можно меньше влияли на выполнение других операций с базой данных. Администраторы имеют возможность управлять этим, настраивая задержку очистки по стоимости.

По умолчанию этот режим отключён для выполняемых вручную команд `VACUUM`. Чтобы включить его, нужно установить в `vacuum_cost_delay` ненулевое значение.

`vacuum_cost_delay` (integer)

Продолжительность времени, в миллисекундах, в течение которого будет простаивать процесс, превысивший предел стоимости. По умолчанию его значение равно нулю, то есть задержка очистки отсутствует. При положительных значениях интенсивность очистки будет зависеть от

стоимости. Заметьте, что во многих системах разрешение таймера составляет 10 мс, поэтому если задать в `vacuum_cost_delay` значение, не кратное 10, фактически будет получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10.

При настройке интенсивности очистки для `vacuum_cost_delay` обычно выбираются довольно небольшие значения, например 10 или 20 миллисекунд. Чтобы точнее ограничить потребление ресурсов при очистке, лучше всего изменять другие параметры стоимости очистки.

`vacuum_cost_page_hit (integer)`

Примерная стоимость очистки буфера, оказавшегося в общем кеше. Это подразумевает блокировку пула буферов, поиск в хеш-таблице и сканирование содержимого страницы. По умолчанию этот параметр равен одному.

`vacuum_cost_page_miss (integer)`

Примерная стоимость очистки буфера, который нужно прочитать с диска. Это подразумевает блокировку пула буферов, поиск в хеш-таблице, чтение требуемого блока с диска и сканирование его содержимого. По умолчанию этот параметр равен 10.

`vacuum_cost_page_dirty (integer)`

Примерная стоимость очистки, при которой изменяется блок, не модифицированный ранее. В неё включается дополнительная стоимость ввода/вывода, связанная с записью изменённого блока на диск. По умолчанию этот параметр равен 20.

`vacuum_cost_limit (integer)`

Общая стоимость, при накоплении которой процесс очистки будет засыпать. По умолчанию этот параметр равен 200.

Примечание

Некоторые операции устанавливают критические блокировки и поэтому должны завершаться как можно быстрее. Во время таких операций задержка очистки по стоимости не осуществляется, так что накопленная за это время стоимость может намного превышать установленный предел. Во избежание ненужных длительных задержек в таких случаях, фактическая задержка вычисляется по формуле $\text{vacuum\_cost\_delay} * \text{accumulated\_balance} / \text{vacuum\_cost\_limit}$ и ограничивается максимумом, равным $\text{vacuum\_cost\_delay} * 4$.

19.4.5. Фоновая запись

В числе специальных процессов сервера есть процесс *фоновой записи*, задача которого — осуществлять запись «грязных» (новых или изменённых) общих буферов на диск. Он старается записывать данные из буферов так, чтобы обычным серверным процессам, обрабатывающим запросы, не приходилось ждать записи или это ожидание было минимальным. Однако процесс фоновой записи увеличивает общую нагрузку на подсистему ввода/вывода, так как он может записывать неоднократно изменяемую страницу при каждом изменении, тогда как она может быть записана всего раз в контрольной точке. Параметры, рассматриваемые в данном подразделе, позволяют настроить поведение фоновой записи для конкретных нужд.

`bgwriter_delay (integer)`

Задаёт задержку между раундами активности процесса фоновой записи. Во время раунда этот процесс осуществляет запись некоторого количества загрязнённых буферов (это настраивается следующими параметрами). Затем он засыпает на время `bgwriter_delay` (задаваемое в миллисекундах), и всё повторяется снова. Однако если в пуле не остаётся загрязнённых буферов, он может быть неактивен более длительное время. По умолчанию этот параметр равен 200

миллисекундам (200ms). Заметьте, что во многих системах разрешение таймера составляет 10 мс, поэтому если задать в `bgwriter_delay` значение, не кратное 10, фактически будет получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_lru_maxpages` (integer)

Задаёт максимальное число буферов, которое сможет записать процесс фоновой записи за раунд активности. При нулевом значении фоновая запись отключается. (Учтите, что на контрольные точки, которые управляются отдельным вспомогательным процессом, это не влияет.) По умолчанию значение этого параметра — 100 буферов. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_lru_multiplier` (floating point)

Число загрязнённых буферов, записываемых в очередном раунде, зависит от того, сколько новых буферов требовалось серверным процессам в предыдущих раундах. Средняя недавняя потребность умножается на `bgwriter_lru_multiplier` и предполагается, что именно столько буферов потребуется на следующем раунде. Процесс фоновой записи будет записывать на диск и освобождать буферы, пока число свободных буферов не достигнет целевого значения. (При этом число буферов, записываемых за раунд, ограничивается сверху параметром `bgwriter_lru_maxpages`.) Таким образом, со множителем, равным 1.0, записывается ровно столько буферов, сколько требуется по предположению («точно по плану»). Увеличение этого множителя даёт некоторую страховку от резких скачков потребностей, тогда как уменьшение отражает намерение оставить некоторый объём записи для серверных процессов. По умолчанию он равен 2.0. Этот параметр можно установить только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`bgwriter_flush_after` (integer)

Когда процессом фоновой записи записывается больше чем `bgwriter_flush_after` байт, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении `fsync` в конце контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими порциями в фоне. Часто это значительно уменьшает задержки транзакций, но бывают ситуации, особенно когда объём рабочей нагрузки больше `shared_buffers`, но меньше страничного кеша ОС, когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Он может принимать значение от 0 (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 Мбайт (2MB). Значение по умолчанию — 512kB в Linux и 0 в других ОС. (Если `BLCKSZ` отличен от 8 Кбайт, значение по умолчанию и максимум корректируются пропорционально.) Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

С маленькими значениями `bgwriter_lru_maxpages` и `bgwriter_lru_multiplier` уменьшается активность ввода/вывода со стороны процесса фоновой записи, но увеличивается вероятность того, что запись придётся производить непосредственно серверным процессам, что замедлит выполнение запросов.

19.4.6. Асинхронное поведение

`effective_io_concurrency` (integer)

Задаёт допустимое число параллельных операций ввода/вывода, которое говорит PostgreSQL о том, сколько операций ввода/вывода могут быть выполнены одновременно. Чем больше это число, тем больше операций ввода/вывода будет пытаться выполнить параллельно PostgreSQL в отдельном сеансе. Допустимые значения лежат в интервале от 1 до 1000, а нулевое значение отключает асинхронные запросы ввода/вывода. В настоящее время этот параметр влияет только на сканирование по битовой карте.

Для магнитных носителей хорошим начальным значением этого параметра будет число отдельных дисков, составляющих массив RAID 0 или RAID 1, в котором размещена база данных. (Для

RAID 5 следует исключить один диск (как диск с чётностью).) Однако, если база данных часто обрабатывает множество запросов в различных сеансах, и при небольших значениях дисковый массив может быть полностью загружен. Если продолжать увеличивать это значение при полной загрузке дисков, это приведёт только к увеличению нагрузки на процессор. Диски SSD и другие виды хранилища в памяти часто могут обрабатывать множество параллельных запросов, так что оптимальным числом может быть несколько сотен.

Асинхронный ввод/вывод зависит от эффективности функции `posix_fadvise`, которая отсутствует в некоторых операционных системах. В случае её отсутствия попытка задать для этого параметра любое ненулевое значение приведёт к ошибке. В некоторых системах (например, в Solaris), эта функция присутствует, но на самом деле ничего не делает.

Значение по умолчанию равно 1 в системах, где это поддерживается, и 0 в остальных. Это значение можно переопределить для таблиц в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. `ALTER TABLESPACE`).

`max_worker_processes (integer)`

Задаёт максимальное число фоновых процессов, которое можно запустить в текущей системе. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Значение по умолчанию — 8.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

Одновременно с изменением этого значения также может быть полезно изменить `max_parallel_workers`, `max_parallel_maintenance_workers` и `max_parallel_workers_per_gather`.

`max_parallel_workers_per_gather (integer)`

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которые могут запускаться одним узлом Gather или Gather Merge. Параллельные рабочие процессы берутся из пула процессов, контролируемого параметром `max_worker_processes`, в количестве, ограничиваемом значением `max_parallel_workers`. Учтите, что запрошенное количество рабочих процессов может быть недоступно во время выполнения. В этом случае план будет выполняться с меньшим числом процессов, что может быть неэффективно. Значение по умолчанию — 2. Значение 0 отключает параллельное выполнение запросов.

Учтите, что параллельные запросы могут потреблять значительно больше ресурсов, чем не параллельные, так как каждый рабочий процесс является отдельным процессом и оказывает на систему примерно такое же влияние, как дополнительный пользовательский сеанс. Это следует учитывать, выбирая значение этого параметра, а также настраивая другие параметры, управляющие использованием ресурсов, например `work_mem`. Ограничения ресурсов, такие как `work_mem`, применяются к каждому рабочему процессу отдельно, что означает, что общая нагрузка для всех процессов может оказаться гораздо больше, чем при обычном использовании одного процесса. Например, параллельный запрос, задействующий 4 рабочих процесса, может использовать в 5 раз больше времени процессора, объёма памяти, ввода/вывода и т. д., по сравнению с запросом, не задействующим рабочие процессы вовсе.

За дополнительными сведениями о параллельных запросах обратитесь к Главе 15.

`max_parallel_maintenance_workers (integer)`

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которые могут запускаться одной служебной командой. В настоящее время параллельные процессы может использовать только одна служебная команда, `CREATE INDEX`, и только при построении индекса-B-дерева. Параллельные рабочие процессы берутся из пула процессов, контролируемого параметром `max_worker_processes`, в количестве, ограничиваемом значением `max_parallel_workers`. Учтите, что запрошенное количество рабочих процессов может быть недоступно во время выполнения. В этом случае служебная операция будет выполняться с меньшим числом процессов, чем ожидалось. Значение по умолчанию — 2. Значение 0 отключает использование параллельных исполнителей служебными командами.

Заметьте, что параллельно выполняемые служебные команды не должны потреблять значительно больше памяти, чем равнозначные непараллельные операции. Это отличает их от параллельных запросов, при выполнении которых ограничения ресурсов действуют на отдельные рабочие процессы. Для параллельных служебных команд ограничение ресурсов `maintenance_work_mem` считается действующим на команду в целом, вне зависимости от числа параллельных рабочих процессов. Тем не менее, параллельные служебные команды могут гораздо больше нагружать процессор и каналы ввода/вывода.

`max_parallel_workers (integer)`

Задаёт максимальное число рабочих процессов, которое система сможет поддерживать для параллельных операций. Значение по умолчанию — 8. При увеличении или уменьшения этого значения также может иметь смысл скорректировать `max_parallel_maintenance_workers` и `max_parallel_workers_per_gather`. Заметьте, что значение данного параметра, превышающее `max_worker_processes`, не будет действовать, так как параллельные рабочие процессы берутся из пула рабочих процессов, ограничиваемого этим параметром.

`backend_flush_after (integer)`

Когда одним обслуживающим процессом записывается больше `backend_flush_after` байт, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении `fsync` в конце контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими порциями в фоне. Часто это значительно сокращает задержки транзакций, но бывают ситуации, особенно когда объём рабочей нагрузки больше `shared_buffers`, но меньше страничного кеша ОС, когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Он может принимать значение от 0 (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 Мбайт (2MB). По умолчанию он имеет значение 0, то есть это поведение отключено. (Если `BLCKSZ` отличен от 8 Кбайт, максимальное значение корректируется пропорционально.)

`old_snapshot_threshold (integer)`

Задаёт минимальное время, которое можно пользоваться снимком без риска получить ошибку снимок слишком стар. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

По истечении этого времени старые данные могут вычищены. Это предотвращает замусоривание данными снимков, которые остаются задействованными долгое время. Во избежание получения некорректных результатов из-за очистки данных, которые должны были бы наблюдаться в снимке, клиенту будет выдана ошибка, если возраст снимка превысит заданный предел и из этого снимка будет запрошена страница, изменённая со времени его создания.

Значение -1 (по умолчанию) отключает это поведение. Полезные значения для производственной среды могут лежать в интервале от нескольких часов до нескольких дней. Заданное значение округляется до минут, а минимальные значения (как например, 0 или 1min) допускаются только потому, что они могут быть полезны при тестировании. Хотя допустимым будет и значение 60d (60 дней), учтите, что при многих видах нагрузки критичное замусоривание базы или заикливание идентификаторов транзакций может происходить в намного меньших временных отрезках.

Когда это ограничение действует, освобождённое пространство в конце отношения не может быть отдано операционной системе, так как при этом будет удалена информация, необходимая для выявления условия снимок слишком стар. Всё пространство, выделенное отношению, останется связанным с ним до тех пор, пока не будет освобождено явно (например, с помощью команды `VACUUM FULL`).

Установка этого параметра не гарантирует, что обозначенная ошибка будет выдаваться при всех возможных обстоятельствах. На самом деле, если можно получить корректные результаты, например, из курсора, материализовавшего результирующий набор, ошибка не будет выдана, даже если нижележащие строки в целевой таблице были ликвидированы при очистке.

Некоторые таблицы, например системные каталоги, не могут быть безопасно очищены в сжатые сроки, так что на них этот параметр не распространяется. Для таких таблиц этот параметр не сокращает раздувание, но и не чреват ошибкой снимок слишком стар при сканировании.

19.5. Журнал предзаписи

За дополнительной информацией о настройке этих параметров обратитесь к Разделу 30.4.

19.5.1. Параметры

`wal_level` (enum)

Параметр `wal_level` определяет, как много информации записывается в WAL. Со значением `replica` (по умолчанию) в журнал записываются данные, необходимые для поддержки архивирования WAL и репликации, включая запросы только на чтение на ведомом сервере. Вариант `minimal` оставляет только информацию, необходимую для восстановления после сбоя или аварийного отключения. Наконец, `logical` добавляет информацию, требующуюся для поддержки логического декодирования. Каждый последующий уровень включает информацию, записываемую на всех уровнях ниже. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

На уровне `minimal` некоторые массовые операции могут выполняться в обход журнала без риска потери данных, и при этом они выполняются гораздо быстрее (см. Подраздел 14.4.7). В частности, такая оптимизация возможна с операциями:

```
CREATE TABLE AS
CREATE INDEX
CLUSTER
```

`COPY` с таблицами, которые были созданы или опустошены в той же транзакции

Однако такой минимальный журнал не будет содержать достаточно информации для восстановления данных из базовой копии и журналов, поэтому для реализации стратегии архивации WAL (см. `archive_mode`) и потоковой репликации необходим уровень `replica` или более высокий.

На уровне `logical` в журнал записывается та же информация, что и на уровне `replica`, плюс информация, необходимая для извлечения из журнала наборов логических изменений. Повышение уровня до `logical` приводит к значительному увеличению объёма WAL, особенно если многие таблицы имеют характеристику `REPLICA IDENTITY FULL` и выполняется множество команд `UPDATE` и `DELETE`.

В выпусках до 9.6 для этого параметра допускались значения `archive` и `hot_standby`. Эти значения по-прежнему принимаются, но теперь отображаются в значение `replica`.

`fsync` (boolean)

Если этот параметр установлен, сервер PostgreSQL старается добиться, чтобы изменения были записаны на диск физически, выполняя системные вызовы `fsync()` или другими подобными методами (см. `wal_sync_method`). Это даёт гарантию, что кластер баз данных сможет вернуться в согласованное состояние после сбоя оборудования или операционной системы.

Хотя отключение `fsync` часто даёт выигрыш в скорости, это может привести к неисправимой порче данных в случае отключения питания или сбоя системы. Поэтому отключать `fsync` рекомендуется, только если вы легко сможете восстановить всю базу из внешнего источника.

В качестве примеров, когда отключение `fsync` неопасно, можно привести начальное наполнение нового кластера данными из копии, обработку массива данных, после которой базу данных можно удалить и создать заново, либо эксплуатацию копии базы данных только для чтения, которая регулярно пересоздаётся и не используется для отработки отказа. Качественное оборудование само по себе не является достаточной причиной для отключения `fsync`.

При смене значения `fsync` с `off` на `on` для надёжного восстановления также необходимо сбросить все изменённые буферы из ядра в надёжное хранилище. Это можно сделать, когда сервер

остановлен или когда режим `fsync` включён, с помощью команды `initdb --sync-only`, либо выполнить команду `sync`, размонтировать файловую систему или перезагрузить сервер.

Во многих случаях отключение `synchronous_commit` для некритичных транзакций может дать больший выигрыш в скорости, чем отключение `fsync`, при этом не добавляя риски повреждения данных.

Параметр `fsync` можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Если вы отключаете этот параметр, возможно, имеет смысл отключить также и `full_page_writes`.

`synchronous_commit` (enum)

Определяет, будет ли сервер при фиксировании транзакции ждать, пока записи из WAL сохранятся на диске, прежде чем сообщить клиенту об успешном завершении операции. Допустимые значения: `on`, `remote_apply`, `remote_write`, `local` и `off`. Значение по умолчанию (оно же самое безопасное) — `on`. Со значением `off` может образоваться окно от момента, когда клиент узнаёт об успешном завершении, до момента, когда транзакция действительно гарантированно защищена от сбоя. (Максимальный размер окна равен тройному значению `wal_writer_delay`.) В отличие от `fsync`, значение `off` для этого параметра не угрожает целостности данных: сбой операционной системы или базы данных может привести к потере последних транзакций, считавшихся зафиксированными, но состояние базы данных будет точно таким же, как и в случае штатного прерывания этих транзакций. Поэтому выключение режима `synchronous_commit` может быть полезной альтернативой отключению `fsync`, когда производительность важнее, чем надёжная гарантия сохранности каждой транзакции. Подробнее это обсуждается в Разделе 30.3.

Если задано значение `synchronous_standby_names`, этот параметр также определяет, будет ли сервер при фиксировании транзакции ждать, пока выполнится репликация соответствующих записей WAL на ведомый сервер(ы). Со значением `on` фиксирование завершается только после получения ответов от текущих синхронных ведомых серверов, подтверждающих, что они получили запись о фиксировании транзакции и сохранили её на диске. Это гарантирует, что транзакция не будет потеряна, если только база данных не будет повреждена и на ведущем, и на всех синхронных ведомых серверах. Со значением `remote_apply` фиксирование завершается после получения ответов от синхронных ведомых серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции и применили её, так что она стала видна для запросов на этих серверах. Со значением `remote_write` фиксирование завершается после получения ответов от текущих синхронных серверов, говорящих, что они получили запись о фиксировании транзакции и передали её ОС для сохранения на диске. Этот вариант позволяет гарантировать сохранность данных даже в случае отказа ведомого сервера PostgreSQL, но не в случае сбоя на уровне ОС, так как данные могут ещё не достичь надёжного хранилища на этом сервере. Наконец, со значением `local` фиксирование завершается после локального сброса данных, не дожидаясь репликации. Обычно это нежелательный вариант при синхронной репликации, но он представлен для полноты.

Если параметр `synchronous_standby_names` пуст, варианты `on`, `remote_apply`, `remote_write` и `local` реализуют одинаковый уровень синхронизации: при фиксировании транзакции сервер ждёт только сохранения данных на локальный диск.

Этот параметр можно изменить в любое время; поведение каждой конкретной транзакции определяется значением, действующим в момент её фиксирования. Таким образом, есть возможность и смысл фиксировать некоторые транзакции синхронно, а другие — асинхронно. Например, чтобы зафиксировать одну транзакцию из нескольких команд асинхронно, когда по умолчанию выбран противоположный вариант, выполните в этой транзакции `SET LOCAL synchronous_commit TO OFF`.

`wal_sync_method` (enum)

Метод, применяемый для принудительного сохранения изменений WAL на диске. Если режим `fsync` отключён, данный параметр не действует, так как принудительное сохранение изменений WAL не производится вовсе. Возможные значения этого параметра:

- `open_datasync` (для сохранения файлов WAL открывать их функцией `open()` с параметром `O_DSYNC`)
- `fdasync` (вызывать `fdasync()` при каждом фиксировании)
- `fsync` (вызывать `fsync()` при каждом фиксировании)
- `fsync_writethrough` (вызывать `fsync()` при каждом фиксировании, форсируя сквозную запись кеша)
- `open_sync` (для сохранения файлов WAL открывать их функцией `open()` с параметром `O_SYNC`)

Варианты `open_*` также применяют флаг `O_DIRECT`, если он доступен. Не все эти методы поддерживаются в разных системах. По умолчанию выбирается первый из этих методов, который поддерживается текущей системой, с одним исключением — в Linux по умолчанию выбирается `fdasync`. Выбираемый по умолчанию вариант не обязательно будет идеальным; в зависимости от требований к отказоустойчивости или производительности может потребоваться скорректировать выбранное значение или внести другие изменения в конфигурацию вашей системы. Соответствующие аспекты конфигурации рассматриваются в Разделе 30.1. Этот параметр можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`full_page_writes` (boolean)

Когда этот параметр включён, сервер PostgreSQL записывает в WAL всё содержимое каждой страницы при первом изменении этой страницы после контрольной точки. Это необходимо, потому что запись страницы, прерванная при сбое операционной системы, может выполняться частично, и на диске окажется страница, содержащая смесь старых данных с новыми. При этом информации об изменениях на уровне строк, которая обычно сохраняется в WAL, будет недостаточно для получения согласованного содержимого такой страницы при восстановлении после сбоя. Сохранение образа всей страницы гарантирует, что страницу можно восстановить корректно, ценой увеличения объёма данных, которые будут записываться в WAL. (Так как воспроизведение WAL всегда начинается от контрольной точки, достаточно сделать это при первом изменении каждой страницы после контрольной точки. Таким образом, уменьшить затраты на запись полных страниц можно, увеличив интервалы контрольных точек.)

Отключение этого параметра ускоряет обычные операции, но может привести к неисправимому повреждению или незаметной порче данных после сбоя системы. Так как при этом возникают практически те же риски, что и при отключении `fsync`, хотя и в меньшей степени, отключать его следует только при тех же обстоятельствах, которые перечислялись в рекомендациях для вышеописанного параметра.

Отключение этого параметра не влияет на возможность применения архивов WAL для восстановления состояния на момент времени (см. Раздел 25.3).

Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`wal_log_hints` (boolean)

Когда этот параметр имеет значение `on`, сервер PostgreSQL записывает в WAL всё содержимое каждой страницы при первом изменении этой страницы после контрольной точки, даже при второстепенных изменениях так называемых вспомогательных битов.

Если включён расчёт контрольных сумм данных, изменения вспомогательных битов всегда проходят через WAL и этот параметр игнорируется. С помощью этого параметра можно проверить, насколько больше дополнительной информации записывалось бы в журнал, если бы для базы данных был включён подсчёт контрольных сумм.

Этот параметр можно задать только при запуске сервера. По умолчанию он имеет значение `off`.

wal_compression (boolean)

Когда этот параметр имеет значение `on`, сервер PostgreSQL сжимает образ полной страницы, записываемый в WAL, когда включён режим `full_page_writes` или при создании базовой копии. Сжатый образ страницы будет развёрнут при воспроизведении WAL. Значение по умолчанию — `off`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Этот параметр позволяет без дополнительных рисков повреждения данных уменьшить объём WAL, ценой дополнительной нагрузки на процессор, связанной со сжатием данных при записи в WAL и разворачиванием их при воспроизведении WAL.

wal_buffers (integer)

Объём разделяемой памяти, который будет использоваться для буферизации данных WAL, ещё не записанных на диск. Значение по умолчанию, равное `-1`, задаёт размер, равный 1/32 (около 3%) от `shared_buffers`, но не меньше, чем 64 КБ и не больше, чем размер одного сегмента WAL (обычно 16 МБ). Это значение можно задать вручную, если выбираемое автоматически слишком мало или велико, но при этом любое положительное число меньше 32 КБ будет восприниматься как 32 КБ. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Содержимое буферов WAL записывается на диск при фиксировании каждой транзакции, так что очень большие значения вряд ли принесут значительную пользу. Однако значение как минимум в несколько мегабайт может увеличить быстродействие при записи на нагруженном сервере, когда сразу множество клиентов фиксируют транзакции. Автонастройка, действующая при значении по умолчанию (`-1`), в большинстве случаев выбирает разумные значения.

wal_writer_delay (integer)

Определяет, как часто процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. После очередного сброса WAL он делает паузу на `wal_writer_delay` миллисекунд, но может быть пробуждён асинхронно фиксируемой транзакцией. Если предыдущая операция сброса имела место в последние `wal_writer_delay` миллисекунд и за это время было получено меньше `wal_writer_flush_after` байт WAL, данные WAL только передаются ОС, но не сбрасываются на диск. Значение по умолчанию — 200 миллисекунд (200ms). Заметьте, что во многих системах разрешение таймера паузы составляет 10 мс; если задать в `wal_writer_delay` значение, не кратное 10, может быть получен тот же результат, что и со следующим за ним кратным 10. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

wal_writer_flush_after (integer)

Определяет, как часто процесс записи WAL будет сбрасывать WAL на диск. Если предыдущая операция сброса имела место в последние `wal_writer_delay` миллисекунд и за это время было получено меньше `wal_writer_flush_after` байт WAL, данные WAL только передаются операционной системе, но не сбрасываются на диск. Если `wal_writer_flush_after` равен 0, WAL сбрасывается на диск немедленно. Значение по умолчанию — 1 Мбайт (1MB). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

commit_delay (integer)

Параметр `commit_delay` добавляет паузу (в микросекундах) перед собственно выполнением сохранения WAL. Эта задержка может увеличить быстродействие при фиксировании множества транзакций, позволяя зафиксировать большее число транзакций за одну операцию сохранения WAL, если система нагружена достаточно сильно и за заданное время успевают зафиксироваться другие транзакции. Однако этот параметр также увеличивает задержку максимум до `commit_delay` микросекунд при каждом сохранении WAL. Эта задержка окажется бесполезной, если никакие другие транзакции не будут зафиксированы за это время, поэтому она добавляется, только в если момент запроса сохранения WAL активны как минимум `commit_siblings` других транзакций. Кроме того, эти задержки не добавляются при выключенном `fsync`. По умолчанию значение `commit_delay` равно нулю (задержка отсутствует). Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

В PostgreSQL до версии 9.3, параметр `commit_delay` работал по-другому и не так эффективно: он задерживал только фиксирование транзакций, а не все операции сохранения WAL, и заданная пауза выдерживалась полностью, даже если WAL удавалось сохранить быстрее. Начиная с версии 9.3, заданное время ожидает только первый процесс, готовый произвести сохранение, тогда как все последующие процессы ждут только, когда он закончит эту операцию.

`commit_siblings (integer)`

Минимальное число одновременно открытых транзакций, при котором будет добавляться задержка `commit_delay`. Чем больше это значение, тем больше вероятность, что минимум одна транзакция окажется готовой к фиксированию за время задержки. По умолчанию это число равно пяти.

19.5.2. Контрольные точки

`checkpoint_timeout (integer)`

Максимальное время между автоматическими контрольными точками в WAL (в секундах). Допускаются значения от 30 секунд до одного дня. Значение по умолчанию — пять минут (5min). Увеличение этого параметра может привести к увеличению времени, которое потребуется для восстановления после сбоя. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`checkpoint_completion_target (floating point)`

Задаёт целевое время для завершения процедуры контрольной точки, как коэффициент для общего времени между контрольными точками. По умолчанию это значение равно 0.5. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`checkpoint_flush_after (integer)`

Когда в процессе контрольной точки записывается больше чем `checkpoint_flush_after` байт, сервер даёт указание ОС произвести запись этих данных в нижележащее хранилище. Это ограничивает объём «грязных» данных в страничном кеше ядра и уменьшает вероятность затормаживания при выполнении `fsync` в конце этой контрольной точки или когда ОС сбрасывает данные на диск большими блоками в фоне. Часто это значительно уменьшает задержки транзакций, но бывают ситуации, особенно когда объём рабочей нагрузки больше `shared_buffers`, но меньше страничного кеша ОС, когда производительность может упасть. Этот параметр действует не на всех платформах. Он может принимать значение от 0 (при этом управление отложенной записью отключается) до 2 Мбайт (2MB). Значение по умолчанию — 256kB в Linux и 0 в других ОС. (Если `BLCKSZ` отличен от 8 Кбайт, значение по умолчанию и максимум корректируются пропорционально.) Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`checkpoint_warning (integer)`

Записывать в журнал сервера сообщение в случае, если контрольные точки, вызванные заполнением файлов сегментов WAL, выполняются быстрее, чем через заданное число секунд (что говорит о том, что значение `max_wal_size` нужно увеличить). Значение по умолчанию равно 30 секундам (30s). При нуле это предупреждение отключается. Если `checkpoint_timeout` меньше, чем `checkpoint_warning`, предупреждения так же не будут выводиться. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`max_wal_size (integer)`

Максимальный размер, до которого может вырастать WAL между автоматическими контрольными точками в WAL. Это мягкий предел; размер WAL может превышать `max_wal_size` при особых обстоятельствах, например, при высокой нагрузке, сбое в `archive_command` или при большом значении `wal_keep_segments`. Значение по умолчанию — 1 ГБ. Увеличение этого параметра может привести к увеличению времени, которое потребуется для восстановления после

сбоя. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`min_wal_size` (integer)

Пока WAL занимает на диске меньше этого объёма, старые файлы WAL в контрольных точках всегда перерабатываются, а не удаляются. Это позволяет зарезервировать достаточно места для WAL, чтобы справиться с резкими скачками использования WAL, например, при выполнении больших пакетных заданий. Значение по умолчанию — 80 МБ. Этот параметр можно установить только в `postgresql.conf` или в командной строке сервера.

19.5.3. Архивация

`archive_mode` (enum)

Когда параметр `archive_mode` включён, полные сегменты WAL передаются в хранилище архива командой `archive_command`. Помимо значения `off` (выключающего архивацию) есть ещё два: `on` (вкл.) и `always` (всегда). В обычном состоянии эти два режима не различаются, но в режиме `always` архивация WAL активна и во время восстановления архива, и в резерве. В этом режиме все файлы, восстановленные из архива или полученные при потоковой репликации, будут архивироваться (снова). За подробностями обратитесь к Подразделу 26.2.9.

Параметры `archive_mode` и `archive_command` разделены, чтобы команду архивации (`archive_command`) можно было изменять, не отключая режим архивации. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Режим архивации нельзя включить, когда установлен минимальный уровень WAL (`wal_level` имеет значение `minimal`).

`archive_command` (string)

Команда локальной оболочки, которая будет выполняться для архивации завершённого сегмента WAL. Любое вхождение `%p` в этой строке заменяется путём архивируемого файла, а вхождение `%f` заменяется только его именем. (Путь задаётся относительно рабочего каталога сервера, то есть каталога данных кластера.) Чтобы вставить в команду символ `%`, его нужно записать как `%%`. Важно, чтобы команда возвращала нулевой код выхода, только если она завершается успешно. За дополнительной информацией обратитесь к Подразделу 25.3.1.

Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Если режим архивации (`archive_mode`) не был включён при запуске, этот параметр игнорируется. Если значение `archive_command` — пустая строка (по умолчанию), но `archive_mode` включён, архивация WAL временно отключается, но сервер продолжает накапливать файлы сегментов WAL в ожидании, что команда будет вскоре определена. Если в качестве `archive_command` задать команду, которая ничего не делает, но сообщает об успешном завершении, например `/bin/true` (или `REM` в Windows), архивация по сути отключается, но при этом нарушается цепочка файлов WAL, необходимых для восстановления архива, поэтому такой вариант следует использовать только в особых случаях.

`archive_timeout` (integer)

Команда `archive_command` вызывается только для завершённых сегментов WAL. Поэтому, если ваш сервер записывает мало данных WAL (или это наблюдается в некоторые периоды времени), от завершения транзакции до надёжного сохранения её в архивном хранилище может пройти довольно много времени. Для ограничения времени существования неархивированных данных можно установить значение `archive_timeout`, чтобы сервер периодически переключался на новый файл сегмента WAL. Когда этот параметр больше нуля, сервер будет переключаться на новый файл сегмента, если с момента последнего переключения на новый файл пройдёт заданное число секунд, и наблюдалась какая-то активность базы данных, даже если это была просто контрольная точка. (Контрольные точки пропускаются, если в базе отсутствует активность). Заметьте, что архивируемые файлы, закрываемые досрочно из-за принудительного переключения, всё равно будут иметь тот же размер, что и полностью заполненные. Поэтому устанавливать для `archive_timeout` очень маленькое значение неразумно — это ведёт к замусориванию архивного хранилища. Обычно для `archive_timeout` имеет смысл задавать значение около

минуты. Если вам нужно, чтобы данные копировались с главного сервера быстрее, вам следует подумать о переходе от архивации к потоковой репликации. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.6. Репликация

Эти параметры управляют поведением встроенного механизма *потоковой репликации* (см. Подраздел 26.2.5). Когда он применяется, один сервер является ведущим, а другие — ведомыми. Ведущий сервер всегда передаёт, а ведомые всегда принимают данные репликации, но когда настроена каскадная репликация (см. Подраздел 26.2.7), ведомые серверы могут быть и передающими. Следующие параметры в основном относятся к передающим и ведомым серверам, хотя некоторые параметры имеют смысл только для ведущего. Все эти параметры могут быть разными в рамках одного кластера, если это требуется.

19.6.1. Передающие серверы

Эти параметры можно задать на любом сервере, который передаёт данные репликации одному или нескольким ведомым. Ведущий сервер всегда является передающим, так что на нём они должны задаваться всегда. Роль и значение этих параметров не меняются после того, как ведомый сервер становится ведущим.

`max_wal_senders (integer)`

Задаёт максимально допустимое число одновременных подключений ведомых серверов или клиентов потокового копирования (т. е. максимальное количество одновременно работающих процессов передачи WAL). Значение по умолчанию — 10. Нулевое значение отключает репликацию. Процессы-передатчики WAL учитываются в общем числе соединений, так что значение этого параметра должно быть меньше чем `max_connections` минус `superuser_reserved_connections`. При неожиданном отключении клиента потоковой передачи слот его подключения может оставаться в подвешенном состоянии до достижения тайм-аута, так что этот параметр должен быть немного больше максимального ожидаемого числа клиентов, чтобы отключившиеся клиенты могли переподключиться немедленно. Задать этот параметр можно только при запуске сервера. Чтобы к данному серверу могли подключаться ведомые, нужно также установить в `wal_level` уровень `replica` или выше.

`max_replication_slots (integer)`

Задаёт максимальное число слотов репликации (см. Подраздел 26.2.6), которое сможет поддерживать сервер. Значение по умолчанию — 10. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Если заданное значение данного параметра будет меньше, чем число уже существующих слотов репликации, сервер не запустится. Чтобы слоты репликации можно было использовать, нужно также установить в `wal_level` уровень `replica` или выше.

`wal_keep_segments (integer)`

Задаёт минимальное число файлов прошлых сегментов журнала, которые будут сохраняться в каталоге `pg_wal`, чтобы ведомый сервер мог выбрать их при потоковой репликации. Обычно сегмент имеет размер 16 мегабайт. Если ведомый сервер, подключённый к передающему, отстаёт больше чем на `wal_keep_segments` сегментов, передающий удаляет сегменты WAL, всё ещё необходимые ведомому, и в этом случае соединение репликации прерывается. В результате этого затем также будут прерваны зависимые соединения. (Однако ведомый сервер сможет восстановиться, выбрав этот сегмент из архива, если осуществляется архивация WAL.)

Этот параметр задаёт только минимальное число сегментов, сохраняемое в каталоге `pg_wal`; система может сохранить больше сегментов для архивации WAL или для восстановления с момента контрольной точки. Если `wal_keep_segments` равен нулю (это значение по умолчанию), система не сохраняет никакие дополнительные сегменты для ведомых серверов, поэтому число старых сегментов WAL, доступных для ведомых, зависит от положения предыдущей контрольной точки и состояния архивации WAL. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`wal_sender_timeout (integer)`

Задаёт период времени (в миллисекундах), по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает передающему серверу обнаружить сбой ведомого или разрывы в сети. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — 60 секунд.

`track_commit_timestamp (boolean)`

Включает запись времени фиксации транзакций. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию этот параметр имеет значение `off`.

19.6.2. Главный сервер

Эти параметры можно задать на главном/ведущем сервере, который должен передавать данные репликации одному или нескольким ведомым. Заметьте, что помимо этих параметров на ведущем сервере должен быть правильно установлен `wal_level`, а также может быть включена архивация WAL (см. Подраздел 19.5.3). Значения этих параметров на ведомых серверах не важны, хотя их можно подготовить заранее, на случай, если ведомый сервер придётся сделать ведущим.

`synchronous_standby_names (string)`

Определяет список ведомых серверов, которые могут поддерживать *синхронную репликацию*, как описано в Подразделе 26.2.8. Активных синхронных ведомых серверов может быть один или несколько; транзакции, ожидающие фиксации, будут завершаться только после того, как эти ведомые подтвердят получение их данных. Синхронными ведомыми будут те, имена которых указаны в этом списке и которые подключены к ведущему и принимают поток данных в реальном времени (что показывает признак `streaming` в представлении `pg_stat_replication`). Указание нескольких имён ведомых серверов позволяет обеспечить очень высокую степень доступности и защиту от потери данных.

Именем ведомого сервера в этом контексте считается значение `application_name` этого сервера, задаваемое в свойствах подключения. При организации физической репликации оно задаётся в строке `primary_conninfo` в `recovery.conf` (по умолчанию — `walreceiver`). Для логической репликации его можно задать в строке подключения для подписки (по умолчанию это имя подписки). Как задать его для других потребителей потоков репликации, вы можете узнать в их документации.

Этот параметр принимает список ведомых серверов в одной из следующих форм:

```
[FIRST] число_синхронных ( имя_ведомого [, ...] )
ANY число_синхронных ( имя_ведомого [, ...] )
имя_ведомого [, ...]
```

здесь *число_синхронных* — число синхронных ведомых серверов, от которых необходимо дожидаться ответов для завершения транзакций, а *имя_ведомого* — имя ведомого сервера. Слова `FIRST` и `ANY` задают метод выбора синхронных ведомых из перечисленных серверов.

Ключевое слово `FIRST`, в сочетании с *числом_синхронных*, выбирает синхронную репликацию на основе приоритетов, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *число_синхронных* ведомых серверов, выбираемых согласно приоритетам. Например, со значением `FIRST 3 (s1, s2, s3, s4)` для фиксации транзакции необходимо дождаться ответа от трёх наиболее приоритетных из серверов `s1`, `s2`, `s3` и `s4`. Ведомые серверы, имена которых идут в этом списке первыми, будут иметь больший приоритет и будут считаться синхронными. Серверы, следующие в списке за ними, будут считаться потенциальными синхронными. Если один из текущих синхронных серверов по какой-то причине отключается, он немедленно будет заменён следующим сервером с наибольшим приоритетом. Ключевое слово `FIRST` может быть опущено.

Ключевое слово `ANY`, в сочетании с `числом_синхронных`, выбирает синхронную репликацию на основе кворума, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *как минимум* `число_синхронных` перечисленных серверов. Например, со значением `ANY 3 (s1, s2, s3, s4)` для фиксации транзакции необходимо дождаться ответа от как минимум трёх из серверов `s1`, `s2`, `s3` и `s4`.

Ключевые слова `FIRST` и `ANY` воспринимаются без учёта регистра. Если такое же имя оказывается у одного из ведомых серверов, его `имя_ведомого` нужно заключить в двойные кавычки.

Третья форма использовалась в PostgreSQL до версии 9.6 и по-прежнему поддерживается. По сути она равнозначна первой с `FIRST` и `числом_синхронным`, равным 1. Например, `FIRST 1 (s1, s2)` и `s1, s2` действуют одинаково: в качестве синхронного ведомого выбирается либо `s1`, либо `s2`.

Специальному элементу `*` соответствует любой сервер.

Уникальность имён ведомых серверов не контролируется. В случае дублирования имён более приоритетным будет один из серверов с подходящим именем, хотя какой именно, не определено.

Примечание

Каждое `имя_ведомого` должно задаваться в виде допустимого идентификатора SQL, кроме `*`. При необходимости его можно заключать в кавычки. Но заметьте, что идентификаторы `имя_ведомого` сравниваются с именами приложений без учёта регистра, независимо от того, заключены ли они в кавычки или нет.

Если имена синхронных ведомых серверов не определены, синхронная репликация не включается и фиксируемые транзакции не будут ждать репликации. Это поведение по умолчанию. Даже когда синхронная репликация включена, для отдельных транзакций можно отключить ожидание репликации, задав для параметра `synchronous_commit` значение `local` или `off`.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`vacuum_defer_cleanup_age (integer)`

Задаёт число транзакций, на которое будет отложена очистка старых версий строк при `VACUUM` и изменениях `NOT`. По умолчанию это число равно нулю, то есть старые версии строк могут удаляться сразу, как только перестанут быть видимыми в открытых транзакциях. Это значение можно сделать ненулевым на ведущем сервере, работающем с серверами горячего резерва, как описано в Разделе 26.5. В результате увеличится время, в течение которого будут успешно выполняться запросы на ведомом сервере без конфликтов из-за ранней очистки строк. Однако ввиду того, что эта отсрочка определяется числом записывающих транзакций, выполняющихся на ведущем сервере, сложно предсказать, каким будет дополнительное время отсрочки на ведомом сервере. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

В качестве альтернативы этому параметру можно также рассмотреть `hot_standby_feedback` на ведомом сервере.

Этот параметр не предотвращает очистку старых строк, которые достигли возраста, заданного параметром `old_snapshot_threshold`.

19.6.3. Ведомые серверы

Эти параметры управляют поведением ведомого сервера, который будет получать данные репликации. На ведущем сервере они не играют никакой роли.

`hot_standby` (boolean)

Определяет, можно ли будет подключаться к серверу и выполнять запросы в процессе восстановления, как описано в Разделе 26.5. Значение по умолчанию — `on` (подключения разрешаются). Задать этот параметр можно только при запуске сервера. Данный параметр играет роль только в режиме ведомого сервера или при восстановлении архива.

`max_standby_archive_delay` (integer)

В режиме горячего резерва этот параметр определяет, как долго должен ждать ведомый сервер, прежде чем отменять запросы, конфликтующие с очередными изменениями в WAL, как описано в Подразделе 26.5.2. Задержка `max_standby_archive_delay` применяется при обработке данных WAL, считываемых из архива (не текущих данных). Значение этого параметра задаётся в миллисекундах (если явно не указаны другие единицы) и по умолчанию равно 30 секундам. При значении, равном -1, ведомый может ждать завершения конфликтующих запросов неограниченное время. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Заметьте, что параметр `max_standby_archive_delay` определяет не максимальное время, которое отводится для выполнения каждого запроса, а максимальное общее время, за которое должны быть применены изменения из одного сегмента WAL. Таким образом, если один запрос привёл к значительной задержке при обработке сегмента WAL, остальным конфликтующим запросам будет отведено гораздо меньше времени.

`max_standby_streaming_delay` (integer)

В режиме горячего резерва этот параметр определяет, как долго должен ждать ведомый сервер, прежде чем отменять запросы, конфликтующие с очередными изменениями в WAL, как описано в Подразделе 26.5.2. Задержка `max_standby_streaming_delay` применяется при обработке данных WAL, поступающих при потоковой репликации. Значение этого параметра задаётся в миллисекундах (если явно не указаны другие единицы) и по умолчанию равно 30 секундам. При значении, равном -1, ведомый может ждать завершения конфликтующих запросов неограниченное время. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Заметьте, что параметр `max_standby_streaming_delay` определяет не максимальное время, которое отводится для выполнения каждого запроса, а максимальное общее время, за которое должны быть применены изменения из WAL после получения от главного сервера. Таким образом, если один запрос привёл к значительной задержке, остальным конфликтующим запросам будет отводиться гораздо меньше времени, пока резервный сервер не догонит главный.

`wal_receiver_status_interval` (integer)

Определяет минимальную частоту, с которой процесс, принимающий WAL на ведомом сервере, будет сообщать о состоянии репликации ведущему или вышестоящему ведомому, где это состояние можно наблюдать в представлении `pg_stat_replication`. В этом сообщении передаются следующие позиции в журнале предзаписи: позиция изменений записанных, изменений, сохранённых на диске, и изменений применённых. Значение параметра задаётся в секундах и определяет максимальный интервал между сообщениями. Сообщения о состоянии передаются при каждом продвижении позиций записанных или сохранённых на диске изменений, но с промежутком не больше, чем заданный этим параметром. Таким образом, последняя переданная позиция применённых изменений может немного отставать от фактической в текущий момент. При нулевом значении этого параметра передача состояния полностью отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию его значение равно 10 секундам.

`hot_standby_feedback` (boolean)

Определяет, будет ли сервер горячего резерва сообщать ведущему или вышестоящему ведомому о запросах, которые он выполняет в данный момент. Это позволяет исключить необходимость отмены запросов, вызванную очисткой записей, но при некоторых типах нагрузки это может приводить к раздуванию базы данных на ведущем сервере. Эти сообще-

ния о запросах будут отправляться не чаще, чем раз в интервал, задаваемый параметром `wal_receiver_status_interval`. Значение данного параметра по умолчанию — `off`. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Если используется каскадная репликация, сообщения о запросах передаются выше, пока в итоге не достигнут ведущего сервера. На промежуточных серверах эта информация больше никак не задействуется.

Этот параметр не переопределяет поведение `old_snapshot_threshold`, установленное на ведущем сервере; снимок на ведомом сервере, имеющий возраст больше заданного указанным параметром на ведущем, может стать недействительным, что приведёт к отмене транзакций на ведомом. Это объясняется тем, что предназначение `old_snapshot_threshold` заключается в указании абсолютного ограничения времени, в течение которого могут накапливаться мёртвые строки, которое иначе могло бы нарушаться из-за конфигурации ведомого.

`wal_receiver_timeout (integer)`

Задаёт период времени (в миллисекундах), по истечении которого прерываются неактивные соединения репликации. Это помогает принимающему ведомому серверу обнаружить сбой ведущего или разрыв сети. При значении, равном нулю, тайм-аут отключается. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — 60 секунд.

`wal_retrieve_retry_interval (integer)`

Определяет, сколько ведомый сервер должен ждать поступления данных WAL из любых источников (поточная репликация, локальный `pg_wal` или архив WAL), прежде чем повторять попытку получения WAL. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке сервера. Значение по умолчанию — 5 секунд. Если единицы не задаются, подразумеваются миллисекунды.

Этот параметр полезен в конфигурациях, когда для узла в схеме восстановления нужно регулировать время ожидания новых данных WAL. Например, при восстановлении архива можно ускорить реакцию на появление нового файла WAL, уменьшив значение этого параметра. В системе с низкой активностью WAL увеличение этого параметра приведёт к сокращению числа запросов, необходимых для отслеживания архивов WAL, что может быть полезно в облачных окружениях, где учитывается число обращений к инфраструктуре.

19.6.4. Подписчики

Эти параметры управляют поведением подписчика логической репликации. На публикующем сервере они не играют роли.

Заметьте, что параметры конфигурации `wal_receiver_timeout`, `wal_receiver_status_interval` и `wal_retrieve_retry_interval` также воздействуют на рабочие процессы логической репликации.

`max_logical_replication_workers (int)`

Задаёт максимально возможное число рабочих процессов логической репликации. В это число входят и рабочие процессы, применяющие изменения, и процессы, синхронизирующие таблицы.

Рабочие процессы логической репликации берутся из пула, контролируемого параметром `max_worker_processes`.

Значение по умолчанию — 4.

`max_sync_workers_per_subscription (integer)`

Максимальное число рабочих процессов, выполняющих синхронизацию, для одной подписки. Этот параметр управляет степенью распараллеливания копирования начальных данных в процессе инициализации подписки или при добавлении новых таблиц.

В настоящее время одну таблицу может обрабатывать только один рабочий процесс синхронизации.

Рабочие процессы синхронизации берутся из пула, контролируемого параметром `max_logical_replication_workers`.

Значение по умолчанию — 2.

19.7. Планирование запросов

19.7.1. Конфигурация методов планировщика

Эти параметры конфигурации дают возможность грубо влиять на планы, выбираемые оптимизатором запросов. Если автоматически выбранный оптимизатором план конкретного запроса оказался неоптимальным, в качестве *временного* решения можно воспользоваться одним из этих параметров и вынудить планировщик выбрать другой план. Улучшить качество планов, выбираемых планировщиком, можно и более подходящими способами, в частности, скорректировать константы стоимости (см. Подраздел 19.7.2), выполнить ANALYZE вручную, изменить значение параметра конфигурации `default_statistics_target` и увеличить объем статистики, собираемой для отдельных столбцов, воспользовавшись командой `ALTER TABLE SET STATISTICS`.

`enable_bitmapscan` (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования по битовой карте. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_gathermerge` (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения посредством сбора. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_hashagg` (boolean)

Включает или отключает использование планов агрегирования по хешу. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_hashjoin` (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения по хешу. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_indexscan` (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования по индексу. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_indexonlyscan` (boolean)

Включает или отключает использование планов сканирования только индекса (см. Раздел 11.11). По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_material` (boolean)

Включает или отключает использование материализации при планировании запросов. Полностью исключить материализацию невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет вставлять узлы материализации, за исключением случаев, где они требуются для правильности. По умолчанию этот параметр имеет значение `on` (вкл.).

`enable_mergejoin` (boolean)

Включает или отключает использование планов соединения слиянием. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_nestloop (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком планов соединения с вложенными циклами. Полностью исключить вложенные циклы невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_parallel_append (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком планов с распараллеливанием добавления данных. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_parallel_hash (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком планов соединения по хешу с распараллеливанием хеширования. Не действует, если планы соединения по хешу отключены. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

`enable_partition_pruning (boolean)`

Включает или отключает в планировщике возможность устранять секции секционированных таблиц из планов запроса. Также влияет на возможность планировщика генерировать планы запросов, позволяющие исполнителю пропускать (игнорировать) секции при выполнении запросов. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.). За подробностями обратитесь к Подразделу 5.10.4.

`enable_partitionwise_join (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком соединения с учётом секционирования, что позволяет выполнять соединение секционированных таблиц путём соединения соответствующих секций. Соединение с учётом секционирования в настоящее время может применяться, только когда условия соединения включают все ключи секционирования; при этом ключи должны быть одного типа данных и наборы дочерних секций должны быть одинаковыми. Так как для планирования соединения с учётом секций может потребоваться гораздо больше процессорного времени и памяти, по умолчанию этот параметр выключен (`off`).

`enable_partitionwise_aggregate (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком группировки или агрегирования с учётом секционирования, что позволяет выполнять группировку или агрегирование в секционированных таблицах по отдельности для каждой секции. Если предложение `GROUP BY` не включает ключи секционирования, на уровне секций может быть выполнено только частичное агрегирование, а затем требуется итоговая обработка. Так как для планирования группировки или агрегирования может потребоваться гораздо больше процессорного времени и памяти, по умолчанию этот параметр выключен (`off`).

`enable_seqscan (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком планов последовательного сканирования. Полностью исключить последовательное сканирование невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_sort (boolean)`

Включает или отключает использование планировщиком шагов с явной сортировкой. Полностью исключить явную сортировку невозможно, но при выключении этого параметра планировщик не будет использовать данный метод, если можно применить другие. По умолчанию этот параметр имеет значение `on`.

`enable_tidscan (boolean)`

Включает или отключает использование планов сканирования TID. По умолчанию имеет значение `on` (вкл.).

19.7.2. Константы стоимости для планировщика

Переменные *стоимости*, описанные в данном разделе, задаются по произвольной шкале. Значение имеют только их отношения, поэтому умножение или деление всех переменных на один коэффициент никак не повлияет на выбор планировщика. По умолчанию эти переменные определяются относительно стоимости чтения последовательной страницы: то есть, переменную `seq_page_cost` удобно задать равной 1.0, а все другие переменные стоимости определить относительно неё. Но при желании можно использовать и другую шкалу, например, выразить в миллисекундах фактическое время выполнения запросов на конкретной машине.

Примечание

К сожалению, какого-либо чётко определённого способа определения идеальных значений стоимости не существует. Лучше всего выбирать их как средние показатели при выполнении целого ряда разнообразных запросов, которые будет обрабатывать конкретная СУБД. Это значит, что менять их по результатам всего нескольких экспериментов очень рискованно.

`seq_page_cost` (floating point)

Задаёт приблизительную стоимость чтения одной страницы с диска, которое выполняется в серии последовательных чтений. Значение по умолчанию равно 1.0. Это значение можно переопределить для таблиц и индексов в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. `ALTER TABLESPACE`).

`random_page_cost` (floating point)

Задаёт приблизительную стоимость чтения одной произвольной страницы с диска. Значение по умолчанию равно 4.0. Это значение можно переопределить для таблиц и индексов в определённом табличном пространстве, установив одноимённый параметр табличного пространства (см. `ALTER TABLESPACE`).

При уменьшении этого значения по отношению к `seq_page_cost` система начинает предпочитать сканирование по индексу; при увеличении такое сканирование становится более дорогостоящим. Оба эти значения также можно увеличить или уменьшить одновременно, чтобы изменить стоимость операций ввода/вывода по отношению к стоимости процессорных операций, которая определяется следующими параметрами.

Произвольный доступ к механическому дисковому хранилищу обычно гораздо дороже последовательного доступа, более чем в четыре раза. Однако по умолчанию выбран небольшой коэффициент (4.0), в предположении, что большой объём данных при произвольном доступе, например, при чтении индекса, окажется в кеше. Таким образом, можно считать, что значение по умолчанию моделирует ситуацию, когда произвольный доступ в 40 раз медленнее последовательного, но 90% операций произвольного чтения удовлетворяются из кеша.

Если вы считаете, что для вашей рабочей нагрузки процент попаданий не достигает 90%, вы можете увеличить параметр `random_page_cost`, чтобы он больше соответствовал реальной стоимости произвольного чтения. И напротив, если ваши данные могут полностью поместиться в кеше, например, когда размер базы меньше общего объёма памяти сервера, может иметь смысл уменьшить `random_page_cost`. С хранилищем, у которого стоимость произвольного чтения не намного выше последовательного, как например, у твердотельных накопителей, так же лучше выбрать меньшее значение `random_page_cost`.

Подсказка

Хотя система позволяет сделать `random_page_cost` меньше, чем `seq_page_cost`, это лишено физического смысла. Однако сделать их равными имеет смысл, если база данных полностью кешируется в ОЗУ, так как в этом случае с обращением к страницам в произвольном порядке не связаны никакие дополнительные издержки. Кроме

того, для сильно загруженной базы данных оба этих параметра следует понизить по отношению к стоимости процессорных операций, так как стоимость выборки страницы, уже находящейся в ОЗУ, оказывается намного меньше, чем обычно.

`cpu_tuple_cost (floating point)`

Задаёт приблизительную стоимость обработки каждой строки при выполнении запроса. Значение по умолчанию — 0.01.

`cpu_index_tuple_cost (floating point)`

Задаёт приблизительную стоимость обработки каждой записи индекса при сканировании индекса. Значение по умолчанию — 0.005.

`cpu_operator_cost (floating point)`

Задаёт приблизительную стоимость обработки оператора или функции при выполнении запроса. Значение по умолчанию — 0.0025.

`parallel_setup_cost (floating point)`

Задаёт приблизительную стоимость запуска параллельных рабочих процессов. Значение по умолчанию — 1000.

`parallel_tuple_cost (floating point)`

Задаёт приблизительную стоимость передачи одного кортежа от параллельного рабочего процесса другому процессу. Значение по умолчанию — 0.1.

`min_parallel_table_scan_size (integer)`

Задаёт минимальный объём данных таблицы, подлежащий сканированию, при котором может применяться параллельное сканирование. Для параллельного последовательного сканирования объём сканируемых данных всегда равняется размеру таблицы, но когда используются индексы, этот объём обычно меньше. Значение по умолчанию — 8 мегабайт (8MB).

`min_parallel_index_scan_size (integer)`

Задаёт минимальный объём данных индекса, подлежащий сканированию, при котором может применяться параллельное сканирование. Заметьте, что при параллельном сканировании по индексу обычно не затрагивается весь индекс; здесь учитывается число страниц, которое по мнению планировщика будет затронуто при сканировании. Значение по умолчанию — 512 килобайт (512kB).

`effective_cache_size (integer)`

Определяет представление планировщика об эффективном размере дискового кеша, доступном для одного запроса. Это представление влияет на оценку стоимости использования индекса; чем выше это значение, тем больше вероятность, что будет применяться сканирование по индексу, чем ниже, тем более вероятно, что будет выбрано последовательное сканирование. При установке этого параметра следует учитывать и объём разделяемых буферов PostgreSQL, и процент дискового кеша ядра, который будут занимать файлы данных PostgreSQL, хотя некоторые данные могут оказаться и там, и там. Кроме того, следует принять во внимание ожидаемое число параллельных запросов к разным таблицам, так как общий размер будет разделяться между ними. Этот параметр не влияет на размер разделяемой памяти, выделяемой PostgreSQL, и не задаёт размер резервируемого в ядре дискового кеша; он используется только в качестве ориентировочной оценки. При этом система не учитывает, что данные могут оставаться в дисковом кеше от запроса к запросу. Значение этого параметра по умолчанию — 4 гигабайта (4GB).

`jit_above_cost (floating point)`

Устанавливает предел стоимости запроса, при превышении которого включается JIT-компиляция, если она поддерживается (см. Главу 32). Применение JIT занимает время при планирова-

нии, но может ускорить выполнение запроса в целом. Значение `-1` отключает JIT-компиляцию. Значение по умолчанию — `100000`.

`jit_inline_above_cost` (floating point)

Устанавливает предел стоимости, при превышении которого будет допускаться встраивание функций и операторов в процессе JIT-компиляции. Встраивание занимает время при планировании, но в целом может ускорить выполнение. Присваивать этому параметру значение, меньшее чем `jit_above_cost`, не имеет смысла. Значение `-1` отключает встраивание. Значение по умолчанию — `500000`.

`jit_optimize_above_cost` (floating point)

Устанавливает предел стоимости, при превышении которого в JIT-компилированных программах может применяться дорогостоящая оптимизация. Такая оптимизация увеличивает время планирования, но в целом может ускорить выполнение. Присваивать этому параметру значение, меньшее чем `jit_above_cost`, не имеет смысла, а при значениях, превышающих `jit_inline_above_cost`, положительный эффект маловероятен. Значение `-1` отключает дорогостоящие оптимизации. Значение по умолчанию — `500000`.

19.7.3. Генетический оптимизатор запросов

Генетический оптимизатор запросов (GEnetic Query Optimizer, GEQO) осуществляет планирование запросов, применяя эвристический поиск. Это позволяет сократить время планирования для сложных запросов (в которых соединяются множество отношений), ценой того, что иногда полученные планы уступают по качеству планам, выбираемым при полном переборе. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 60.

`geqo` (boolean)

Включает или отключает генетическую оптимизацию запросов. По умолчанию она включена. В производственной среде её лучше не отключать; более гибко управлять GEQO можно с помощью переменной `geqo_threshold`.

`geqo_threshold` (integer)

Задаёт минимальное число элементов во `FROM`, при котором для планирования запроса будет привлечён генетический оптимизатор. (Заметьте, что конструкция `FULL OUTER JOIN` считается одним элементом списка `FROM`.) Значение по умолчанию — `12`. Для более простых запросов часто лучше использовать обычный планировщик, производящий полный перебор, но для запросов со множеством таблиц полный перебор займёт слишком много времени, чаще гораздо больше, чем будет потеряно из-за выбора не самого эффективного плана. Таким образом, ограничение по размеру запроса даёт удобную возможность управлять GEQO.

`geqo_effort` (integer)

Управляет выбором между сокращением времени планирования и повышением качества плана запроса в GEQO. Это значение должна задаваться целым числом от `1` до `10`. Значение по умолчанию равно пяти. Чем больше значение этого параметра, тем больше времени будет потрачено на планирование запроса, но и тем больше вероятность, что будет выбран эффективный план.

Параметр `geqo_effort` сам по себе ничего не делает, он используется только для вычисления значений по умолчанию для других переменных, влияющих на поведение GEQO (они описаны ниже). При желании эти переменные можно просто установить вручную.

`geqo_pool_size` (integer)

Задаёт размер пула для алгоритма GEQO, то есть число особей в генетической популяции. Это число должно быть не меньше двух, но полезные значения обычно лежат в интервале от `100` до `1000`. Если оно равно нулю (это значение по умолчанию), то подходящее число выбирается, исходя из значения `geqo_effort` и числа таблиц в запросе.

`geqo_generations (integer)`

Задаёт число поколений для GEQO, то есть число итераций этого алгоритма. Оно должно быть не меньше единицы, но полезные значения находятся в том же диапазоне, что и размер пула. Если оно равно нулю (это значение по умолчанию), то подходящее число выбирается, исходя из `geqo_pool_size`.

`geqo_selection_bias (floating point)`

Задаёт интенсивность селекции для GEQO, то есть селективное давление в популяции. Допустимые значения лежат в диапазоне от 1.50 до 2.00 (это значение по умолчанию).

`geqo_seed (floating point)`

Задаёт начальное значение для генератора случайных чисел, который применяется в GEQO для выбора случайных путей в пространстве поиска порядка соединений. Может иметь значение от нуля (по умолчанию) до одного. При изменении этого значения меняется набор анализируемых путей, в результате чего может быть найден как более, так и менее оптимальный путь.

19.7.4. Другие параметры планировщика

`default_statistics_target (integer)`

Устанавливает целевое ограничение статистики по умолчанию, распространяющееся на столбцы, для которых командой `ALTER TABLE SET STATISTICS` не заданы отдельные ограничения. Чем больше установленное значение, тем больше времени требуется для выполнения `ANALYZE`, но тем выше может быть качество оценок планировщика. Значение этого параметра по умолчанию — 100. За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

`constraint_exclusion (enum)`

Управляет использованием планировщиком ограничений таблицы для оптимизации запросов. Допустимые значения `constraint_exclusion`: `on` (задействовать ограничения всех таблиц), `off` (никогда не задействовать ограничения) и `partition` (задействовать ограничения только для дочерних таблиц и подзапросов `UNION ALL`). Значение по умолчанию — `partition`. Оно часто помогает увеличить производительность, когда применяется наследование.

Когда данный параметр разрешает это для таблицы, планировщик сравнивает условия запроса с ограничениями `CHECK` данной таблицы и не сканирует её, если они оказываются несовместимыми. Например:

```
CREATE TABLE parent(key integer, ...);
CREATE TABLE child1000(check (key between 1000 and 1999)) INHERITS(parent);
CREATE TABLE child2000(check (key between 2000 and 2999)) INHERITS(parent);
...
SELECT * FROM parent WHERE key = 2400;
```

Если включено исключение по ограничению, команда `SELECT` не будет сканировать таблицу `child1000`, в результате чего запрос выполнится быстрее.

В настоящее время исключение по ограничению разрешено по умолчанию только в условиях, возникающих при реализации секционированных таблиц через наследование. Включение этой возможности для всех таблиц влечёт дополнительные издержки на планирование, довольно заметные для простых запросов, но не приносит никакого выигрыша. Если вы не применяете секционированные таблицы с наследованием, лучше всего полностью отключить эту возможность.

За дополнительными сведениями об исключении по ограничению и секционировании таблиц обратитесь к Подразделу 5.10.5.

`cursor_tuple_fraction (floating point)`

Задаёт для планировщика оценку процента строк, которые будут получены через курсор. Значение по умолчанию — 0.1 (10%). При меньших значениях планировщик будет склонен исполь-

зовать для курсоров планы с «быстрым стартом», позволяющие получать первые несколько строк очень быстро, хотя для выборки всех строк может уйти больше времени. При больших значениях планировщик стремится оптимизировать общее время запроса. При максимальном значении, равном 1.0, работа с курсорами планируется так же, как и обычные запросы — минимизируется только общее время, а не время получения первых строк.

`from_collapse_limit (integer)`

Задаёт максимальное число элементов в списке `FROM`, до которого планировщик будет объединять вложенные запросы с внешним запросом. При меньших значениях сокращается время планирования, но план запроса может стать менее эффективным. По умолчанию это значение равно восьми. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 14.3.

Если это значение сделать равным `geqo_threshold` или больше, при таком объединении запросов может включиться планировщик GEQO и в результате будет получен неоптимальный план. См. Подраздел 19.7.3.

`jit (boolean)`

Определяет, может ли PostgreSQL использовать компиляцию JIT, если она поддерживается (см. Главу 32). По умолчанию он выключен (`off`).

`join_collapse_limit (integer)`

Задаёт максимальное количество элементов в списке `FROM`, до достижения которого планировщик будет сносить в него явные конструкции `JOIN` (за исключением `FULL JOIN`). При меньших значениях сокращается время планирования, но план запроса может стать менее эффективным.

По умолчанию эта переменная имеет то же значение, что и `from_collapse_limit`, и это приемлемо в большинстве случаев. При значении, равном 1, предложения `JOIN` переставляются не будут, так что явно заданный в запросе порядок соединений определит фактический порядок, в котором будут соединяться отношения. Так как планировщик не всегда выбирает оптимальный порядок соединений, опытные пользователи могут временно задать для этой переменной значение 1, а затем явно определить желаемый порядок. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 14.3.

Если это значение сделать равным `geqo_threshold` или больше, при таком объединении запросов может включиться планировщик GEQO и в результате будет получен неоптимальный план. См. Подраздел 19.7.3.

`parallel_leader_participation (boolean)`

Позволяет ведущему процессу выполнять план запроса ниже узлов `Gather` и `Gather Merge`, не ожидая рабочие процессы. По умолчанию этот параметр включён (`on`). Значение `off` снижает вероятность блокировки рабочих процессов в случае, если ведущий процесс будет читать кортежи недостаточно быстро, но тогда ведущему приходится дожидаться запуска рабочих процессов, и только затем выдавать первые кортежи. Степень положительного или отрицательного влияния ведущего зависит от типа плана, числа рабочих процессов и длительности запроса.

`force_parallel_mode (enum)`

Позволяет распараллеливать запрос в целях тестирования, даже когда от этого не ожидается никакого выигрыша в скорости. Допустимые значения параметра `force_parallel_mode` — `off` (использовать параллельный режим только когда ожидается увеличение производительности), `on` (принудительно распараллеливать все запросы, для которых это безопасно) и `regress` (как `on`, но с дополнительными изменениями поведения, описанными ниже).

Говоря точнее, со значением `on` узел `Gather` добавляется в вершину любого плана запроса, для которого допускается распараллеливание, так что запрос выполняется внутри параллельного исполнителя. Даже когда параллельный исполнитель недоступен или не может быть исполь-

зован, такие операции, как запуск подтранзакции, которые не должны выполняться в контексте параллельного запроса, не будут выполняться в этом режиме, если только планировщик не решит, что это приведёт к ошибке запроса. Если при включении этого параметра возникают ошибки или выдаются неожиданные результаты, вероятно, некоторые функции, задействованные в этом запросе, нужно пометить как `PARALLEL UNSAFE` (или, возможно, `PARALLEL RESTRICTED`).

Значение `regress` действует так же, как и значение `on`, с некоторыми дополнительными особенностями, предназначенными для облегчения автоматического регрессионного тестирования. Обычно сообщения от параллельных исполнителей включают строку контекста, отмечающую это, но значение `regress` подавляет эту строку, так что вывод не отличается от выполнения в не параллельном режиме. Кроме того, узлы `Gather`, добавляемые в планы с этим значением параметра, скрываются в выводе `EXPLAIN`, чтобы вывод соответствовал тому, что будет получен при отключении этого параметра (со значением `off`).

19.8. Регистрация ошибок и протоколирование работы сервера

19.8.1. Куда протоколировать

`log_destination (string)`

PostgreSQL поддерживает несколько методов протоколирования сообщений сервера: `stderr`, `csvlog` и `syslog`. На Windows также поддерживается `eventlog`. В качестве значения `log_destination` указывается один или несколько методов протоколирования, разделённых запятыми. По умолчанию используется `stderr`. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

Если в `log_destination` включено значение `csvlog`, то протоколирование ведётся в формате CSV (разделённые запятыми значения). Это удобно для программной обработки журнала. Подробнее об этом в Подразделе 19.8.4. Для вывода в формате CSV должен быть включён `logging_collector`.

Если присутствует указание `stderr` или `csvlog`, создаётся файл `current_logfiles`, в который записывается расположение файла(ов) журнала, в настоящее время используемого сборщиком сообщений для соответствующего назначения. Это позволяет легко определить, какие файлы журнала используются в данный момент экземпляром сервера. Например, он может иметь такое содержание:

```
stderr log/postgresql.log
csvlog log/postgresql.csv
```

`current_logfiles` переписывается когда при прокрутке создаётся новый файл журнала или когда изменяется значение `log_destination`. Он удаляется, когда в `log_destination` не задётся ни `stderr`, ни `csvlog`, а также когда сборщик сообщений отключён.

Примечание

В большинстве систем Unix потребуется изменить конфигурацию системного демона `syslog` для использования варианта `syslog` в `log_destination`. Для указания типа протоколируемой программы (facility), PostgreSQL может использовать значения с `LOCAL0` по `LOCAL7` (см. `syslog_facility`). Однако, на большинстве платформ, конфигурация `syslog` по умолчанию не учитывает сообщения подобного типа. Чтобы это работало, потребуется добавить в конфигурацию демона `syslog` что-то подобное:

```
local0.*    /var/log/postgresql
```

Для использования `eventlog` в `log_destination` на Windows, необходимо зарегистрировать источник событий и его библиотеку в операционной системе. Тогда

Windows Event Viewer сможет отображать сообщения журнала событий. Подробнее в Разделе 18.11.

`logging_collector` (boolean)

Параметр включает сборщик сообщений (*logging collector*). Это фоновый процесс, который собирает отправленные в `stderr` сообщения и перенаправляет их в журнальные файлы. Такой подход зачастую более полезен чем запись в `syslog`, поскольку некоторые сообщения в `syslog` могут не попасть. (Типичный пример с сообщениями об ошибках динамического связывания, другой пример — ошибки в скриптах типа `archive_command`.) Для установки параметра требуется перезапуск сервера.

Примечание

Можно обойтись без сборщика сообщений и просто писать в `stderr`. Сообщения будут записываться в место, куда направлен поток `stderr`. Такой способ подойдёт только для небольших объёмов протоколирования, потому что не предоставляет удобных средств для организации ротации журнальных файлов. Кроме того, на некоторых платформах отказ от использования сборщика сообщений может привести к потере или искажению сообщений, так как несколько процессов, одновременно пишущих в один журнальный файл, могут перезаписывать информацию друг друга.

Примечание

Сборщик спроектирован так, чтобы сообщения никогда не терялись. А это значит, что при очень высокой нагрузке, серверные процессы могут быть заблокированы при попытке отправить сообщения во время сбоя фонового процесса сборщика. В противоположность этому, `syslog` предпочитает удалять сообщения, при невозможности их записать. Поэтому часть сообщений может быть потеряна, но система не будет блокироваться.

`log_directory` (string)

При включённом `logging_collector`, определяет каталог, в котором создаются журнальные файлы. Можно задавать как абсолютный путь, так и относительный от каталога данных кластера. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера. Значение по умолчанию — `log`.

`log_filename` (string)

При включённом `logging_collector` задаёт имена журнальных файлов. Значение трактуется как строка формата в функции `strftime`, поэтому в ней можно использовать спецификаторы `%` для включения в имена файлов информации о дате и времени. (При наличии зависящих от часового пояса спецификаторов `%` будет использован пояс, заданный в `log_timezone`.) Поддерживаемые спецификаторы `%` похожи на те, что перечислены в описании *strftime* спецификации Open Group. Обратите внимание, что системная функция `strftime` напрямую не используется. Поэтому нестандартные, специфичные для платформы особенности не будут работать. Значение по умолчанию `postgresql-%Y-%m-%d_%H%M%S.log`.

Если для задания имени файлов не используются спецификаторы `%`, то для избежания переполнения диска, следует использовать утилиты для ротации журнальных файлов. В версиях до 8.4, при отсутствии спецификаторов `%`, PostgreSQL автоматически добавлял время в формате Epoch к имени файла. Сейчас в этом больше нет необходимости.

Если в `log_destination` включён вывод в формате CSV, то к имени журнального файла будет добавлено расширение `.csv`. (Если `log_filename` заканчивается на `.log`, то это расширение заменится на `.csv`.)

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`log_file_mode (integer)`

В системах Unix задаёт права доступа к журнальным файлам, при включённом `logging_collector`. (В Windows этот параметр игнорируется.) Значение параметра должно быть числовым, в формате команд `chmod` и `umask`. (Для восьмеричного формата, требуется задать лидирующий 0 (ноль).)

Права доступа по умолчанию 0600, т. е. только владелец сервера может читать и писать в журнальные файлы. Также, может быть полезным значение 0640, разрешающее чтение файлов членам группы. Однако, чтобы установить такое значение, нужно каталог для хранения журнальных файлов (`log_directory`) вынести за пределы каталога данных кластера. В любом случае, нежелательно открывать для всех доступ на чтение журнальных файлов, так как они могут содержать конфиденциальные данные.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`log_rotation_age (integer)`

Определяет максимальное время жизни отдельного журнального файла, при включённом `logging_collector`. После того как прошло заданное количество минут, создаётся новый журнальный файл. Для запрета создания нового файла по прошествии определённого времени, нужно установить значение 0. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

`log_rotation_size (integer)`

Определяет максимальный размер отдельного журнального файла, при включённом `logging_collector`. После того как заданное количество килобайт записано в текущий файл, создаётся новый журнальный файл. Для запрета создания нового файла при превышении определённого размера, нужно установить значение 0. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`log_truncate_on_rotation (boolean)`

Если параметр `logging_collector` включён, PostgreSQL будет перезаписывать существующие журнальные файлы, а не дописывать в них. Однако, перезапись при переключении на новый файл возможна только в результате ротации по времени, но не при старте сервера или ротации по размеру файла. При выключенном параметре всегда продолжается запись в существующий файл. Например, включение этого параметра в комбинации с `log_filename` равным `postgresql-%H.log`, приведёт к генерации 24-х часовых журнальных файлов, которые циклически перезаписываются. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

Пример: для хранения журнальных файлов в течение 7 дней, по одному файлу на каждый день с именами вида `server_log.Mon`, `server_log.Tue` и т. д., а также с автоматической перезаписью файлов прошлой недели, нужно установить `log_filename` в `server_log.%a`, `log_truncate_on_rotation` в `on` и `log_rotation_age` в 1440.

Пример: для хранения журнальных файлов в течение 24 часов, по одному файлу на час, с дополнительной возможностью переключения файла при превышения 1ГБ, установите `log_filename` в `server_log.%H%M`, `log_truncate_on_rotation` в `on`, `log_rotation_age` в 60 и `log_rotation_size` в 1000000. Добавление `%M` в `log_filename` позволит при переключении по размеру указать другое имя файла в пределах одного часа.

`syslog_facility (enum)`

При включённом протоколировании в `syslog`, этот параметр определяет значение «facility». Допустимые значения `LOCAL0`, `LOCAL1`, `LOCAL2`, `LOCAL3`, `LOCAL4`, `LOCAL5`, `LOCAL6`, `LOCAL7`. По умолча-

нию используется `LOCAL0`. Подробнее в документации на системный демон `syslog`. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

`syslog_ident (string)`

При включённом протоколировании в `syslog`, этот параметр задаёт имя программы, которое будет использоваться в `syslog` для идентификации сообщений относящихся к PostgreSQL. По умолчанию используется `postgres`. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`syslog_sequence_numbers (boolean)`

Когда сообщения выводятся в `syslog` и этот параметр включён (по умолчанию), все сообщения будут предваряться последовательно увеличивающимися номерами (например, `[2]`). Это позволяет обойти подавление повторов «--- последнее сообщение повторилось N раз ---», которое по умолчанию осуществляется во многих реализациях `syslog`. В более современных реализациях `syslog` подавление повторных сообщений можно настроить (например, в `rsyslog` есть директива `$RepeatedMsgReduction`), так что это может излишне. Если же вы действительно хотите, чтобы повторные сообщения подавлялись, вы можете отключить этот параметр.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`syslog_split_messages (boolean)`

Когда активен вывод сообщений в `syslog`, этот параметр определяет, как будут доставляться сообщения. Если он включён (по умолчанию), сообщения разделяются по строкам, а длинные строки разбиваются на строки не длиннее 1024 байт, что составляет типичное ограничение размера для традиционных реализаций `syslog`. Когда он отключён, сообщения сервера PostgreSQL передаются службе `syslog` как есть, и она должна сама корректно воспринять потенциально длинные сообщения.

Если `syslog` в итоге выводит сообщения в текстовый файл, результат будет тем же и лучше оставить этот параметр включённым, так как многие реализации `syslog` не способны обрабатывать большие сообщения или их нужно специально настраивать для этого. Но если `syslog` направляет сообщения в некоторую другую среду, может потребоваться или будет удобнее сохранять логическую целостность сообщений.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`event_source (string)`

При включённом протоколировании в `event log`, этот параметр задаёт имя программы, которое будет использоваться в журнале событий для идентификации сообщений относящихся к PostgreSQL. По умолчанию используется `PostgreSQL`. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера.

19.8.2. Когда протоколировать

`client_min_messages (enum)`

Управляет минимальным уровнем сообщений, посылаемых клиенту. Допустимые значения `DEBUG5`, `DEBUG4`, `DEBUG3`, `DEBUG2`, `DEBUG1`, `LOG`, `NOTICE`, `WARNING`, `ERROR`, `FATAL` и `PANIC`. Каждый из перечисленных уровней включает все идущие после него. Чем дальше в этом списке уровень сообщения, тем меньше сообщений будет посылаться клиенту. По умолчанию используется `NOTICE`. Обратите внимание, что `LOG` расположен по-разному здесь и в `log_min_messages`.

`log_min_messages (enum)`

Управляет минимальным уровнем сообщений, записываемых в журнал сервера. Допустимые значения `DEBUG5`, `DEBUG4`, `DEBUG3`, `DEBUG2`, `DEBUG1`, `INFO`, `NOTICE`, `WARNING`, `ERROR`, `LOG`, `FATAL` и `PANIC`. Каждый из перечисленных уровней включает все идущие после него. Чем дальше в этом

списке уровень сообщения, тем меньше сообщений будет записано в журнал сервера. По умолчанию используется `WARNING`. Обратите внимание, что `LOG` расположен по-разному здесь и в `client_min_messages`. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`log_min_error_statement` (enum)

Управляет тем, какие SQL-операторы, завершившиеся ошибкой, записываются в журнал сервера. SQL-оператор будет записан в журнал, если он завершится ошибкой с указанным уровнем важности или выше. Допустимые значения: `DEBUG5`, `DEBUG4`, `DEBUG3`, `DEBUG2`, `DEBUG1`, `INFO`, `NOTICE`, `WARNING`, `ERROR`, `LOG`, `FATAL` и `PANIC`. По умолчанию используется `ERROR`. Это означает, что в журнал сервера будут записаны все операторы, завершившиеся сообщением с уровнем важности `ERROR`, `LOG`, `FATAL` и `PANIC`. Чтобы фактически отключить запись операторов с ошибками, установите для этого параметра значение `PANIC`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`log_min_duration_statement` (integer)

Записывает в журнал продолжительность выполнения всех команд, время работы которых равно или превышает указанное количество миллисекунд. Значение 0 (ноль) заставляет записывать продолжительность работы всех команд. Значение -1 (по умолчанию) запрещает регистрировать продолжительность выполнения операторов. Например, при значении `250ms`, все команды, которые выполняются за 250 миллисекунд и дольше будут записаны в журнал сервера. Включение параметра полезно для выявления плохо оптимизированных запросов в приложении. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

Для клиентов, использующих расширенный протокол запросов, будет записываться продолжительность фаз: разбор, связывание и выполнение.

Примечание

При использовании совместно с `log_statement`, текст SQL-операторов будет записываться только один раз (от использования `log_statement`) и не будет задублирован в сообщении о длительности выполнения. Если не используется вывод в `syslog`, то рекомендуется в `log_line_prefix` включить идентификатор процесса или сессии. Это позволит связать текст запроса с записью о продолжительности выполнения, которая появится позже.

В Таблице 19.1 поясняются уровни важности сообщений в PostgreSQL. Также в этой таблице показано, как эти уровни транслируются в системные при использовании `syslog` или `eventlog` в Windows.

Таблица 19.1. Уровни важности сообщений

Уровень	Использование	syslog	eventlog
DEBUG1..DEBUG5	Более детальная информация для разработчиков. Чем больше номер, тем детальнее.	DEBUG	INFORMATION
INFO	Неявно запрошенная пользователем информация, например вывод команды <code>VACUUM VERBOSE</code> .	INFO	INFORMATION
NOTICE	Информация, которая может быть полезной пользователям. Например, уведомления об усечении длинных идентификаторов.	NOTICE	INFORMATION

Уровень	Использование	syslog	eventlog
WARNING	Предупреждения о возможных проблемах. Например, COMMIT вне транзакционного блока.	NOTICE	WARNING
ERROR	Сообщает об ошибке, из-за которой прервана текущая команда.	WARNING	ERROR
LOG	Информация, полезная для администраторов. Например, выполнение контрольных точек.	INFO	INFORMATION
FATAL	Сообщает об ошибке, из-за которой прервана текущая сессия.	ERR	ERROR
PANIC	Сообщает об ошибке, из-за которой прерваны все сессии.	CRIT	ERROR

19.8.3. Что протоколировать

`application_name (string)`

`application_name` это любая строка, не превышающая NAMEDATALEN символов (64 символа при стандартной сборке). Обычно устанавливается приложением при подключении к серверу. Значение отображается в представлении `pg_stat_activity` и добавляется в журнал сервера, при использовании формата CSV. Для прочих форматов, `application_name` можно добавить в журнал через параметр `log_line_prefix`. Значение `application_name` может содержать только печатные ASCII символы. Остальные символы будут заменены знаками вопроса (?).

`debug_print_parse (boolean)`

`debug_print_rewritten (boolean)`

`debug_print_plan (boolean)`

Эти параметры включают вывод различной отладочной информации. А именно: вывод дерева запроса, дерево запроса после применения правил или плана выполнения запроса, соответственно. Все эти сообщения имеют уровень LOG. Поэтому, по умолчанию, они записываются в журнал сервера, но не отправляются клиенту. Отправку клиенту можно настроить через `client_min_messages` и/или `log_min_messages`. По умолчанию параметры выключены.

`debug_pretty_print (boolean)`

Включает выравнивание сообщений, выводимых `debug_print_parse`, `debug_print_rewritten` или `debug_print_plan`. В результате сообщения легче читать, но они значительно длиннее, чем в формате «compact», который используется при выключенном значении. По умолчанию включён.

`log_checkpoints (boolean)`

Включает протоколирование выполнения контрольных точек и точек перезапуска сервера. При этом записывается некоторая статистическая информация. Например, число записанных буферов и время, затраченное на их запись. Параметр можно задать только в конфигурационных файлах или в командной строке при запуске сервера. По умолчанию выключен.

`log_connections (boolean)`

Включает протоколирование всех попыток подключения к серверу, в том числе успешного завершения аутентификации клиентов. Изменить его можно только в начале сеанса и сделать это могут только суперпользователи. Значение по умолчанию — `off`.

Примечание

Некоторые программы, например `psql`, предпринимают две попытки подключения (первая для определения, нужен ли пароль). Поэтому дублирование сообщения «connection received» не обязательно говорит о наличии проблемы.

`log_disconnections` (boolean)

Включает протоколирование завершения сеанса. В журнал выводится примерно та же информация, что и с `log_connections`, плюс длительность сеанса. Изменить этот параметр можно только в начале сеанса и сделать это могут только суперпользователи. Значение по умолчанию — `off`.

`log_duration` (boolean)

Записывает продолжительность каждой завершённой команды. По умолчанию выключен. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

Для клиентов, использующих расширенный протокол запросов, будет записываться продолжительность фаз: разбор, связывание и выполнение.

Примечание

Включение этого параметра и установка `log_min_duration_statement` в 0 (ноль) различаются. Разница в том, что при превышении значения `log_min_duration_statement`, в журнал записывается текст запроса, а при включении `log_duration` нет. Таким образом, при `log_duration = on` и `log_min_duration_statement` больше нуля, в журнал сервера будет записываться продолжительность выполнения всех команд, а текст запросов только для команд, превысивших заданное значение. Такое поведение может оказаться полезным при сборе статистики в условиях большой нагрузки.

`log_error_verbosity` (enum)

Управляет количеством детальной информации, записываемой в журнал сервера для каждого сообщения. Допустимые значения: `TERSE`, `DEFAULT` и `VERBOSE`. Каждое последующее значение добавляет больше полей в выводимое сообщение. Для `TERSE` из сообщения об ошибке исключаются поля `DETAIL`, `HINT`, `QUERY` и `CONTEXT`. Для `VERBOSE` в сообщение включается код ошибки `SQLSTATE` (см. Приложение А), а также имя файла с исходным кодом, имя функции и номер строки сгенерировавшей ошибку. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`log_hostname` (boolean)

По умолчанию, сообщения журнала содержат лишь IP-адрес подключившегося клиента. При включении этого параметра, дополнительно будет фиксироваться и имя сервера. Обратите внимание, что в зависимости от применяемого способа разрешения имён, это может отрицательно сказаться на производительности. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`log_line_prefix` (string)

Строка, в стиле функции `printf`, которая выводится в начале каждой строки журнала сообщений. С символов `%` начинаются управляющие последовательности, которые заменяются статусной информацией, описанной ниже. Неизвестные управляющие последовательности игнорируются. Все остальные символы напрямую копируются в выводимую строку. Некоторые управляющие последовательности используются только для пользовательских процессов и будут игнорироваться фоновыми процессами, например основным процессом сервера. Статусная ин-

формация может быть выровнена по ширине влево или вправо указанием числа после % и перед кодом последовательности. Отрицательное число дополняет значение пробелами справа до заданной ширины, а положительное число — слева. Выравнивание может быть полезно для улучшения читаемости. Этот параметр можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Со значением по умолчанию, '%m [%p] ', в журнал выводится метка времени и идентификатор процесса.

Спецсимвол	Назначение	Только для пользовательского процесса
%a	Имя приложения (application_name)	да
%u	Имя пользователя	да
%d	Имя базы данных	да
%r	Имя удалённого узла или IP-адрес, а также номер порта	да
%h	Имя удалённого узла или IP-адрес	да
%p	Идентификатор процесса	нет
%t	Штамп времени, без миллисекунд	нет
%m	Штамп времени, с миллисекундами	нет
%n	Штамп времени, с миллисекундами (в виде времени Unix)	нет
%i	Тег команды: тип текущей команды в сессии	да
%e	Код ошибки SQLSTATE	нет
%c	Идентификатор сессии. Подробности ниже	нет
%l	Номер строки журнала для каждой сессии или процесса. Начинается с 1	нет
%s	Штамп времени начала процесса	нет
%v	Идентификатор виртуальной транзакции (backendID/localXID)	нет
%x	Идентификатор транзакции (0 если не присвоен)	нет
%q	Ничего не выводит. Непользовательские процессы останавливаются в этой точке. Игнорируется пользовательскими процессами	нет
%%	Выводит %	нет

%c выводит псевдоуникальный номер сеанса, состоящий из двух 4-байтных шестнадцатеричных чисел (без ведущих нулей), разделённых точкой. Эти числа представляют время старта процесса и идентификатор процесса, поэтому %c можно использовать для экономии места при выводе этих значений. Например, для получения идентификатора сеанса из `pg_stat_activity` используйте запрос:

```
SELECT to_hex(trunc(EXTRACT(EPOCH FROM backend_start))::integer) || '.' ||  
       to_hex(pid)  
FROM pg_stat_activity;
```

Подсказка

Последним символом в `log_line_prefix` лучше оставлять пробел, чтобы отделить от остальной строки. Можно использовать и символы пунктуации.

Подсказка

Syslog также формирует штамп времени и идентификатор процесса, поэтому вероятно нет смысла использовать соответствующие управляющие последовательности при использовании syslog.

Подсказка

Спецпоследовательность `%q` полезна для включения информации, которая существует только в контексте сеанса (обслуживающего процесса), например, имя пользователя или базы данных. Например:

```
log_line_prefix = '%m [%p] %q%u@%d/%a '
```

`log_lock_waits` (boolean)

Определяет, нужно ли фиксировать в журнале события, когда сеанс ожидает получения блокировки дольше, чем указано в `deadlock_timeout`. Это позволяет выяснить, не связана ли низкая производительность с ожиданием блокировок. По умолчанию отключено. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`log_statement` (enum)

Управляет тем, какие SQL-команды записывать в журнал. Допустимые значения: `none` (отключено), `ddl`, `mod` и `all` (все команды). `ddl` записывает все команды определения данных, такие как `CREATE`, `ALTER`, `DROP`. `mod` записывает все команды `ddl`, а также команды изменяющие данные, такие как `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `TRUNCATE` и `COPY FROM`. `PREPARE`, `EXECUTE` и `EXPLAIN ANALYZE` также записываются, если вызваны для команды соответствующего типа. Если клиент использует расширенный протокол запросов, то запись происходит на фазе выполнения и содержит значения всех связанных переменных (если есть символы одиночных кавычек, то они удваиваются).

По умолчанию `none`. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

Примечание

Команды с синтаксическими ошибками не записываются, даже если `log_statement = all`, так как сообщение формируется только после выполнения предварительного разбора, определяющего тип команды. При расширенном протоколе запросов, похожим образом не будут записываться команды, неуспешно завершившиеся до фазы выполнения (например, при разборе или построении плана запроса). Для включения в журнал таких команд установите `log_min_error_statement` в `ERROR` (или ниже).

`log_replication_commands` (boolean)

Включает запись в журнал сервера всех команд репликации. Подробнее о командах репликации можно узнать в Разделе 53.4. Значение по умолчанию — `off`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`log_temp_files` (integer)

Управляет включением в журнал информации об именах и размерах временных файлов. Временные файлы могут использоваться для сортировок, хеширования и временного хранения результатов запросов. На каждый временный файл, при его удалении, в журнал записывается отдельное сообщение. Значение 0 говорит о том, что нужно записывать информацию о всех временных файлах. Положительное значение задаёт размер временных файлов в килобайтах, при достижении или превышении которого, информация о временном файле будет записана. Значение по умолчанию -1, что отключает запись информации о временных файлах. Только суперпользователи могут изменить этот параметр.

`log_timezone` (string)

Устанавливает часовой пояс для штампов времени при записи в журнал сервера. В отличие от `TimeZone`, это значение одинаково для всех баз данных кластера, поэтому для всех сессий используются согласованные значения штампов времени. Встроенное значение по умолчанию GMT, но оно переопределяется в `postgresql.conf`: `initdb` записывает в него значение, соответствующее системной среде. Подробнее об этом в Подразделе 8.5.3. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.8.4. Использование вывода журнала в формате CSV

Добавление `csvlog` в `log_destination` делает удобным загрузку журнальных файлов в таблицу базы данных. Строки журнала представляют собой значения разделённые запятыми (CSV формат) со следующими полями: штамп времени с миллисекундами; имя пользователя; имя базы данных; идентификатор процесса; клиентский узел:номер порта; идентификатор сессии; номер строки каждой сессии; тег команды; время начала сессии; виртуальный идентификатор транзакции; идентификатор транзакции; уровень важности ошибки; код ошибки `SQLSTATE`; сообщение об ошибке; подробности к сообщению об ошибке; подсказка к сообщению об ошибке; внутренний запрос, приведший к ошибке (если есть); номер символа внутреннего запроса, где произошла ошибка; контекст ошибки; запрос пользователя, приведший к ошибке (если есть и включён `log_min_error_statement`); номер символа в запросе пользователя, где произошла ошибка; расположение ошибки в исходном коде PostgreSQL (если `log_error_verbosity` установлен в `verbose`) и имя приложения. Вот пример определения таблицы, для хранения журналов в формате CSV:

```
CREATE TABLE postgres_log
(
    log_time timestamp(3) with time zone,
    user_name text,
    database_name text,
    process_id integer,
    connection_from text,
    session_id text,
    session_line_num bigint,
    command_tag text,
    session_start_time timestamp with time zone,
    virtual_transaction_id text,
    transaction_id bigint,
    error_severity text,
    sql_state_code text,
    message text,
    detail text,
    hint text,
    internal_query text,
```

```
internal_query_pos integer,
context text,
query text,
query_pos integer,
location text,
application_name text,
PRIMARY KEY (session_id, session_line_num)
);
```

Для загрузки журнального файла в такую таблицу можно использовать команду `COPY FROM`:

```
COPY postgres_log FROM '/full/path/to/logfile.csv' WITH csv;
```

Для упрощения загрузки журналов в CSV формате используйте следующее:

1. Установите для `log_filename` и `log_rotation_age` значения, гарантирующие согласованную и предсказуемую схему именования журнальных файлов. Зная, какие имена будут у журнальных файлов, можно определить, когда конкретный файл заполнен и готов к загрузке.
2. Установите `log_rotation_size` в 0, чтобы запретить ротацию файлов по достижении определённого размера, так как это делает непредсказуемой схему именования журнальных файлов.
3. Установите `log_truncate_on_rotation` в on, чтобы новые сообщения не смешивались со старыми при переключении на существующий файл.
4. Определение таблицы содержит первичный ключ. Это полезно для предотвращения случайной повторной загрузки данных. Команда `COPY` фиксирует изменения один раз, поэтому любая ошибка приведёт к отмене всей загрузки. Если сначала загрузить неполный журнальный файл, то его повторная загрузка (по заполнении) приведёт к нарушению первичного ключа и, следовательно, к ошибке загрузки. Поэтому необходимо дожидаться окончания записи в журнальный файл перед началом загрузки. Похожим образом предотвращается случайная загрузка частично сформированной строки сообщения, что также приведёт к сбою в команде `COPY`.

19.8.5. Заголовок процесса

Эти параметры влияют на то, как формируются заголовки серверных процессов. Заголовок процесса обычно можно наблюдать в программах типа ps, а в Windows — в Process Explorer. За подробностями обратитесь к Разделу 28.1.

```
cluster_name (string)
```

Задаёт имя кластера, которое отображается в заголовке процесса для всех серверных процессов данного кластера. Это имя может быть любой строкой не длиннее `NAMEDATALEN` символов (64 символа в стандартной сборке). В строке `cluster_name` могут использоваться только печатаемые ASCII-символы. Любой другой символ будет заменён символом вопроса (?). Если этот параметр содержит пустую строку ' ' (это значение по умолчанию), никакое имя не выводится. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

```
update_process_title (boolean)
```

Включает изменение заголовка процесса при получении сервером каждой очередной команды SQL. На большинстве платформ он включён (имеет значение on), но в Windows по умолчанию выключен (off) ввиду больших издержек на изменение этого заголовка. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

19.9. Статистика времени выполнения

19.9.1. Сбор статистики по запросам и индексам

Эти параметры управляет функциями сбора статистики на уровне сервера. Когда ведётся сбор статистики, собираемые данные можно просмотреть в семействе системных представлений `pg_stat` и `pg_statio`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 28.

`track_activities` (boolean)

Включает сбор сведений о текущих командах, выполняющихся во всех сеансах (в частности, отслеживается время запуска команды). По умолчанию этот параметр включён. Заметьте, что даже когда сбор ведётся, собранная информация доступна не для всех пользователей, а только для суперпользователей и пользователя-владельца сеанса, в котором выполняется текущая команда. Поэтому это не должно повлечь риски, связанные с безопасностью. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_activity_query_size` (integer)

Задаёт число байт, которое будет зарезервировано для отслеживания выполняемой в данной момент команды в каждом активном сеансе, для поля `pg_stat_activity.query`. Значение по умолчанию — 1024. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`track_counts` (boolean)

Включает сбор статистики активности в базе данных. Этот параметр по умолчанию включён, так как собранная информация требуется демону автоочистки. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_io_timing` (boolean)

Включает замер времени операций ввода/вывода. Этот параметр по умолчанию отключён, так как для этого требуется постоянно запрашивать текущее время у операционной системы, что может значительно замедлить работу на некоторых платформах. Для оценивания издержек замера времени на вашей платформе можно воспользоваться утилитой `pg_test_timing`. Статистику ввода/вывода можно получить через представление `pg_stat_database`, в выводе EXPLAIN (когда используется параметр `BUFFERS`) и через представление `pg_stat_statements`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`track_functions` (enum)

Включает подсчёт вызовов функций и времени их выполнения. Значение `pl` включает отслеживание только функций на процедурном языке, а `all` — также функций на языках SQL и C. Значение по умолчанию — `none`, то есть сбор статистики по функциям отключён. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Примечание

Функции на языке SQL, достаточно простые для «внедрения» в вызывающий запрос, отслеживаться не будут вне зависимости от этого параметра.

`stats_temp_directory` (string)

Задаёт каталог, в котором будут храниться временные данные статистики. Этот путь может быть абсолютным или задаваться относительно каталога данных. Значение по умолчанию — `pg_stat_tmp`. Если разместить целевой каталог в файловой системе в ОЗУ, это снизит нагрузку на физическое дисковое хранилище и может увеличить быстродействие. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.9.2. Мониторинг статистики

`log_statement_stats` (boolean)

`log_parser_stats` (boolean)

`log_planner_stats` (boolean)

`log_executor_stats` (boolean)

Эти параметры включают вывод статистики по производительности соответствующего модуля в протокол работы сервера. Это грубый инструмент профилирования, похожий на функцию `getrusage()` в операционной системе. Параметр `log_statement_stats` включает вывод общей

статистики по операторам, тогда как другие управляют статистикой по модулям (разбор, планирование, выполнение). Включить `log_statement_stats` одновременно с параметрами, управляющими модулями, нельзя. По умолчанию все эти параметры отключены. Изменить эти параметры могут только суперпользователи.

19.10. Автоматическая очистка

Эти параметры управляют поведением механизма *автоочистки*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.6. Заметьте, что многие из этих параметров могут быть переопределены на уровне таблиц; см. Подраздел «Параметры хранения».

`autovacuum (boolean)`

Управляет состоянием демона, запускающего автоочистку. По умолчанию он включён, но чтобы автоочистка работала, нужно также включить `track_counts`. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако автоочистку можно отключить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

Заметьте, что даже если этот параметр отключён, система будет запускать процессы автоочистки, когда это необходимо для предотвращения заикливания идентификаторов транзакций. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`log_autovacuum_min_duration (integer)`

Задаёт время (в миллисекундах) выполнения действия автоочистки, при превышении которого информация об этом действии записывается в протокол. При нулевом значении в протоколе фиксируются все действия автоочистки. Значение -1 (по умолчанию) отключает протоколирование действий автоочистки. Например, если задать значение `250ms`, в протоколе будут фиксироваться все операции автоматической очистки и анализа, выполняемые дольше 250 мс. Кроме того, когда этот параметр имеет любое значение, отличное от -1, в протокол будет записываться сообщение в случае пропуска действия автоочистки из-за конфликтующей блокировки или параллельного удаления отношения. Таким образом, включение этого параметра позволяет отслеживать активность автоочистки. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_max_workers (integer)`

Задаёт максимальное число процессов автоочистки (не считая процесс, запускающий автоочистку), которые могут выполняться одновременно. По умолчанию это число равно трём. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`autovacuum_naptime (integer)`

Задаёт минимальную задержку между двумя запусками автоочистки для отдельной базы данных. Демон автоочистки проверяет базу данных через заданный интервал времени и выдаёт команды `VACUUM` и `ANALYZE`, когда это требуется для таблиц этой базы. Задержка задаётся в секундах и по умолчанию равна одной минуте (`1min`). Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`autovacuum_vacuum_threshold (integer)`

Задаёт минимальное число изменённых или удалённых кортежей, при котором будет выполняться `VACUUM` для отдельно взятой таблицы. Значение по умолчанию — 50 кортежей. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_analyze_threshold (integer)`

Задаёт минимальное число добавленных, изменённых или удалённых кортежей, при котором будет выполняться `ANALYZE` для отдельно взятой таблицы. Значение по умолчанию — 50 корте-

жей. Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_scale_factor` (floating point)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к `autovacuum_vacuum_threshold` при выборе порога срабатывания команды `VACUUM`. Значение по умолчанию — 0.2 (20% от размера таблицы). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_analyze_scale_factor` (floating point)

Задаёт процент от размера таблицы, который будет добавляться к `autovacuum_analyze_threshold` при выборе порога срабатывания команды `ANALYZE`. Значение по умолчанию — 0.1 (10% от размера таблицы). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако данное значение можно переопределить для избранных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_freeze_max_age` (integer)

Задаёт максимальный возраст (в транзакциях) для поля `pg_class.relFrozenxid` некоторой таблицы, при достижении которого будет запущена операция `VACUUM` для предотвращения заикливания идентификаторов транзакций в этой таблице. Заметьте, что система запустит процессы автоочистки для предотвращения заикливания, даже если для всех других целей автоочистка отключена.

При очистке могут также удаляться старые файлы из подкаталога `pg_xact`, поэтому значение по умолчанию сравнительно мало — 200 миллионов транзакций. Задать этот параметр можно только при запуске сервера, но для отдельных таблиц его можно определить по-другому, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`autovacuum_multixact_freeze_max_age` (integer)

Задаёт максимальный возраст (в мультитранзакциях) для поля `pg_class.relminmxid` таблицы, при достижении которого будет запущена операция `VACUUM` для предотвращения заикливания идентификаторов мультитранзакций в этой таблице. Заметьте, что система запустит процессы автоочистки для предотвращения заикливания, даже если для всех других целей автоочистка отключена.

При очистке мультитранзакций могут также удаляться старые файлы из подкаталогов `pg_multixact/members` и `pg_multixact/offsets`, поэтому значение по умолчанию сравнительно мало — 400 миллионов мультитранзакций. Этот параметр можно задать только при запуске сервера, но для отдельных таблиц его можно определить по-другому, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

`autovacuum_vacuum_cost_delay` (integer)

Задаёт задержку при превышении предела стоимости, которая будет применяться при автоматических операциях `VACUUM`. При значении -1 применяется обычная задержка `vacuum_cost_delay`. Значение по умолчанию — 20 миллисекунд. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

`autovacuum_vacuum_cost_limit` (integer)

Задаёт предел стоимости, который будет учитываться при автоматических операциях `VACUUM`. При значении -1 (по умолчанию) применяется обычное значение `vacuum_cost_limit`. Заметьте, что это значение распределяется пропорционально среди всех работающих процессов автоочистки, если их больше одного, так что сумма ограничений всех процессов никогда не превосходит данный предел. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной

строке при запуске сервера. Однако его можно переопределить для отдельных таблиц, изменив их параметры хранения.

19.11. Параметры клиентских сеансов по умолчанию

19.11.1. Поведение команд

`search_path (string)`

Эта переменная определяет порядок, в котором будут просматриваться схемы при поиске объекта (таблицы, типа данных, функции и т. д.), к которому обращаются просто по имени, без указания схемы. Если объекты с одинаковым именем находятся в нескольких схемах, использоваться будет тот, что встретится первым при просмотре пути поиска. К объекту, который не относится к схемам, перечисленным в пути поиска, можно обратиться только по полному имени (с точкой), с указанием содержащей его схемы.

Значением `search_path` должен быть список имён схем через запятую. Если для имени, указанного в этом списке, не находится существующая схема, либо пользователь не имеет права `USAGE` для схемы с этим именем, такое имя просто игнорируется.

Если список содержит специальный элемент `$user`, вместо него подставляется схема с именем, возвращаемым функцией `SESSION_USER`, если такая схема существует и пользователь имеет право `USAGE` для неё. (В противном случае элемент `$user` игнорируется.)

Схема системных каталогов, `pg_catalog`, просматривается всегда, независимо от того, указана она в пути или нет. Если она указана в пути, она просматривается в заданном порядке. Если же `pg_catalog` отсутствует в пути, эта схема будет просматриваться *перед* остальными элементами пути.

Аналогично всегда просматривается схема временных таблиц текущего сеанса, `pg_temp_nnn`, если она существует. Её можно включить в путь поиска, указав её псевдоним `pg_temp`. Если она отсутствует в пути, она будет просматриваться первой (даже перед `pg_catalog`). Временная схема просматривается только при поиске отношений (таблиц, представлений, последовательностей и т. д.) и типов данных, но никогда при поиске функций и операторов.

Когда объекты создаются без указания определённой целевой схемы, они помещаются в первую пригодную схему, указанную в `search_path`. Если путь поиска схем пуст, выдаётся ошибка.

По умолчанию этот параметр имеет значение `"$user", public`. При таком значении поддерживается совместное использование базы данных (когда пользователи не имеют личных схем, все используют схему `public`), использование личных схем, а также комбинация обоих вариантов. Другие подходы можно реализовать, изменяя значение пути по умолчанию, либо глобально, либо индивидуально для каждого пользователя.

Более подробно обработка схем описана в Разделе 5.8. В частности, стандартная конфигурация схем подходит только для баз данных с одним пользователем или с взаимно доверяющими пользователями.

Текущее действующее значение пути поиска можно получить, воспользовавшись SQL-функцией `current_schemas` (см. Раздел 9.25). Это значение может отличаться от значения `search_path`, так как `current_schemas` показывает, как были преобразованы элементы, фигурирующие в `search_path`.

`row_security (boolean)`

Эта переменная определяет, должна ли выдаваться ошибка при применении политик защиты строк. Со значением `on` политики применяются в обычном режиме. Со значением `off` запросы, ограничиваемые минимум одной политикой, будут выдавать ошибку. Значение по умолчанию — `on`. Значение `off` рекомендуется, когда ограничение видимости строк чревато некорректны-

ми результатами; например, `pg_dump` устанавливает это значение. Эта переменная не влияет на роли, которые обходят все политики защиты строк, а именно, на суперпользователей и роли с атрибутом `BYPASSRLS`.

Подробнее о политиках защиты строк можно узнать в описании `CREATE POLICY`.

`default_tablespace (string)`

Эта переменная устанавливает табличное пространство по умолчанию, в котором будут создаваться объекты (таблицы и индексы), когда в команде `CREATE` табличное пространство не указывается явно.

Её значением может быть либо имя табличного пространства, либо пустая строка, подразумевающая использование табличного пространства по умолчанию в текущей базе данных. Если табличное пространство с заданным именем не существует, PostgreSQL будет автоматически использовать табличное пространство по умолчанию. Если используется не пространство по умолчанию, пользователь должен иметь право `CREATE` для него, иначе он не сможет создавать объекты.

Эта переменная не используется для временных таблиц; для них задействуется `temp_tablespaces`.

Эта переменная также не используется при создании баз данных. По умолчанию, новая база данных наследует выбор табличного пространства от базы-шаблона, из которой она копируется.

За дополнительными сведениями о табличных пространствах обратитесь к Разделу 22.6.

`temp_tablespaces (string)`

Эта переменная задаёт табличные пространства, в которых будут создаваться временные объекты (временные таблицы и индексы временных таблиц), когда в команде `CREATE` табличное пространство не указывается явно. В этих табличных пространствах также создаются временные файлы для внутреннего использования, например, для сортировки больших наборов данных.

Её значение содержит список имён табличных пространств. Когда этот список содержит больше одного имени, PostgreSQL выбирает из этого списка случайный элемент при создании каждого временного объекта; однако при создании последующих объектов внутри транзакции табличные пространства перебираются последовательно. Если в этом списке оказывается пустая строка, PostgreSQL будет автоматически использовать вместо этого элемента табличное пространство по умолчанию для текущей базы данных.

Когда `temp_tablespaces` задаётся интерактивно, указание несуществующего табличного пространства считается ошибкой, как и указание табличного пространства, для которого пользователь не имеет права `CREATE`. Однако при использовании значения, заданного ранее, несуществующие табличные пространства и пространства, для которых у пользователя нет права `CREATE`, просто игнорируются. В частности, это касается значения, заданного в `postgresql.conf`.

По умолчанию значение этой переменной — пустая строка. С таким значением все временные объекты создаются в табличном пространстве по умолчанию, установленном для текущей базы данных.

См. также `default_tablespace`.

`check_function_bodies (boolean)`

Этот параметр обычно включён. Выключение этого параметра (присвоение ему значения `off`) отключает проверку строки с телом функции, передаваемой команде `CREATE FUNCTION`. Отключение проверки позволяет избежать побочных эффектов процесса проверки и исключить ложные срабатывания из-за таких проблем, как ссылки вперёд. Этому параметру нужно при-

сваивать значение `off` перед загрузкой функций от лица других пользователей; `pg_dump` делает это автоматически.

`default_transaction_isolation` (enum)

Для каждой транзакции в SQL устанавливается уровень изоляции: «read uncommitted», «read committed», «repeatable read» или «serializable». Этот параметр задаёт уровень изоляции, который будет устанавливаться по умолчанию для новых транзакций. Значение этого параметра по умолчанию — «read committed».

Дополнительную информацию вы можете найти в Главе 13 и SET TRANSACTION.

`default_transaction_read_only` (boolean)

SQL-транзакции в режиме «только чтение» не могут модифицировать не временные таблицы. Этот параметр определяет, будут ли новые транзакции по умолчанию иметь характеристику «только чтение». Значение этого параметра по умолчанию — `off` (допускается чтение и запись).

За дополнительной информацией обратитесь к SET TRANSACTION.

`default_transaction_deferrable` (boolean)

Транзакция, работающая на уровне изоляции `serializable`, в режиме «только чтение» может быть задержана, прежде чем будет разрешено её выполнение. Однако, когда она начинает выполняться, для обеспечения сериализуемости не требуется никаких дополнительных усилий, так что коду сериализации ни при каких условиях не придётся прерывать её из-за параллельных изменений, поэтому это вполне подходит для длительных транзакций в режиме «только чтение».

Этот параметр определяет, будет ли каждая новая транзакция по умолчанию откладываемой. В настоящее время его действие не распространяется на транзакции, для которых устанавливается режим «чтение/запись» или уровень изоляции ниже `serializable`. Значение по умолчанию — `off` (выкл.).

За дополнительной информацией обратитесь к SET TRANSACTION.

`session_replication_role` (enum)

Управляет срабатыванием правил и триггеров, связанных с репликацией, в текущем сеансе. Изменение этой переменной требует наличия прав суперпользователя и приводит к сбросу всех ранее кешированных планов запросов. Она может принимать следующие значения: `origin` (значение по умолчанию), `replica` и `local`.

Предполагается, что системы логической репликации будут устанавливать для него значение `replica`, применяя реплицированные изменения. В результате триггеры и правила (с конфигурацией по умолчанию) не будут срабатывать в репликах. Подробнее об этом говорится в описании предложений `ENABLE TRIGGER` и `ENABLE RULE` команды `ALTER TABLE`.

Внутри PostgreSQL значения `origin` и `local` воспринимаются как равнозначные. Сторонние системы репликации могут различать их для своих внутренних целей, например, отмечать значением `local` сеанс, изменения в котором не должны реплицироваться.

Так как внешние ключи реализованы посредством триггеров, присвоение этому параметру значения `replica` влечёт отключение всех проверок внешних ключей, что может привести к нарушению согласованности данных при некорректном использовании.

`statement_timeout` (integer)

Задаёт максимальное время выполнения оператора (в миллисекундах), начиная с момента получения сервером команды от клиента, по истечении которого оператор прерывается. Если `log_min_error_statement` имеет значение `ERROR` или ниже, оператор, прерванный по тайм-ауту,

будет также записан в журнал. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

Устанавливать значение `statement_timeout` в `postgresql.conf` не рекомендуется, так как это повлияет на все сеансы.

`lock_timeout (integer)`

Задаёт максимальную длительность ожидания (в миллисекундах) любым оператором получения блокировки таблицы, индекса, строки или другого объекта базы данных. Если ожидание не закончилось за указанное время, оператор прерывается. Это ограничение действует на каждую попытку получения блокировки по отдельности и применяется как к явным запросам блокировки (например, `LOCK TABLE` или `SELECT FOR UPDATE` без `NOWAIT`), так и к неявным. Если `log_min_error_statement` имеет значение `ERROR` или ниже, оператор, прерванный по тайм-ауту, будет также записан в журнал. При значении, равном нулю (по умолчанию), этот контроль длительности отключается.

В отличие от `statement_timeout`, этот тайм-аут может произойти только при ожидании блокировки. Заметьте, что при ненулевом `statement_timeout` бессмысленно задавать в `lock_timeout` такое же или большее значение, так как тайм-аут оператора всегда будет происходить раньше.

Устанавливать значение `lock_timeout` в `postgresql.conf` не рекомендуется, так как это повлияет на все сеансы.

`idle_in_transaction_session_timeout (integer)`

Завершать любые сеансы, в которых открытая транзакция простаивает дольше заданного (в миллисекундах) времени. Это позволяет освободить все блокировки сеанса и вновь задействовать слот подключения; также это позволяет очистить кортежи, видимые только для этой транзакции. Подробнее это описано в Разделе 24.1.

Значение по умолчанию (0) отключает это поведение.

`vacuum_freeze_table_age (integer)`

Задаёт максимальный возраст для поля `pg_class.relFrozenxid` таблицы, при достижении которого `VACUUM` будет производить агрессивное сканирование. Агрессивное сканирование отличается от обычного сканирования `VACUUM` тем, что затрагивает все страницы, которые могут содержать незамороженные XID или MXID, а не только те, что могут содержать мёртвые кортежи. Значение по умолчанию — 150 миллионов транзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до двух миллиардов, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный 95% от `autovacuum_freeze_max_age`, чтобы периодически запускаемая вручную команда `VACUUM` имела шансы выполниться, прежде чем для таблицы будет запущена автоочистка для предотвращения закливания. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`vacuum_freeze_min_age (integer)`

Задаёт возраст для отсечки (в транзакциях), при достижении которого команда `VACUUM` должна замораживать версии строк при сканировании таблицы. Значение по умолчанию — 50 миллионов транзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до одного миллиарда, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный половине `autovacuum_freeze_max_age`, чтобы принудительная автоочистка выполнялась не слишком часто. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.

`vacuum_multixact_freeze_table_age (integer)`

Задаёт максимальный возраст для поля `pg_class.relminmxid` таблицы, при достижении которого команда `VACUUM` будет выполнять агрессивное сканирование. Агрессивное сканирование отличается от обычного сканирования `VACUUM` тем, что затрагивает все страницы, которые могут содержать незамороженные XID или MXID, а не только те, что могут содержать мёртвые кортежи. Значение по умолчанию — 150 миллионов мультитранзакций. Хотя пользователи мо-

гут задать любое значение от нуля до двух миллиардов, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный 95% от `autovacuum_multixact_freeze_max_age`, чтобы периодически запускаемая вручную команда `VACUUM` имела шансы выполниться, прежде чем для таблицы будет запущена автоочистка для предотвращения заикливания. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

`vacuum_multixact_freeze_min_age` (integer)

Задаёт возраст для отсечки (в мультитранзакциях), при достижении которого команда `VACUUM` должна заменять идентификаторы мультитранзакций новыми идентификаторами транзакций или мультитранзакций при сканировании таблицы. Значение по умолчанию — 5 миллионов мультитранзакций. Хотя пользователи могут задать любое значение от нуля до одного миллиарда, в `VACUUM` введён внутренний предел для действующего значения, равный половине `autovacuum_multixact_freeze_max_age`, чтобы принудительная автоочистка не выполнялась слишком часто. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.5.1.

`vacuum_cleanup_index_scale_factor` (floating point)

Определяет процент от общего числа кортежей кучи, подсчитанных при последнем сборе статистики, который может быть вставлен без необходимости сканирования индекса на стадии очистки при выполнении `VACUUM`. В настоящее время этот параметр применяется только к индексам-B-деревьям.

Если из кучи не удалялись кортежи, индексы-B-деревья будут в любом случае сканироваться на стадии очистки `VACUUM`, когда выполняется хотя бы одно из следующих условий: статистика индексов устарела; индекс содержит удалённые страницы, которые могут быть переработаны при очистке. Статистика индекса считается устаревшей, если число недавно вставленных кортежей превышает процент `vacuum_cleanup_index_scale_factor` от общего числа кортежей в куче, полученного при предыдущем сборе статистики. Общее число кортежей в куче хранится в метастранице индекса. Заметьте, что эти данные появятся в ней только после того, как процедура `VACUUM` не обнаружит ни одного «мёртвого» кортежа, поэтому сканирование индекса-B-дерева на стадии очистки может быть пропущено, только если «мёртвые» кортежи не будут найдены на втором и последующих циклах `VACUUM`.

Параметр может принимать значения от 0 до 10000000000. Когда `vacuum_cleanup_index_scale_factor` равен 0, сканирование индекса на этапе очистки `VACUUM` не пропускается никогда. Значение по умолчанию — 0.1.

`bytea_output` (enum)

Задаёт выходной формат для значения типа `bytea`. Это может быть формат `hex` (по умолчанию) или `escape` (традиционный формат PostgreSQL). За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.4. Входные значения `bytea` воспринимаются в обоих форматах, независимо от данного параметра.

`xmlbinary` (enum)

Задаёт способ кодирования двоичных данных в XML. Это кодирование применяется, например, когда значения `bytea` преобразуются в XML функциями `xmlelement` или `xmlforest`. Допустимые варианты, определённые в стандарте XML-схем: `base64` и `hex`. Значение по умолчанию — `base64`. Чтобы узнать больше о функциях для работы с XML, обратитесь к Разделу 9.14.

Конечный выбор в основном дело вкуса, ограничения могут накладываться только клиентскими приложениями. Оба метода поддерживают все возможные значения, хотя результат кодирования в `base64` немного компактнее шестнадцатеричного вида (`hex`).

`xmloption` (enum)

Задаёт подразумеваемый по умолчанию тип преобразования между XML и символьными строками (`DOCUMENT` или `CONTENT`). За описанием этого преобразования обратитесь к Разделу 8.13. Значение по умолчанию — `CONTENT` (кроме него допускается значение `DOCUMENT`).

Согласно стандарту SQL этот параметр должен задаваться командой

```
SET XML OPTION { DOCUMENT | CONTENT };
```

Этот синтаксис тоже поддерживается в PostgreSQL.

`gin_pending_list_limit (integer)`

Задаёт максимальный размер очереди записей GIN, которая используется, когда включён режим `fastupdate`. Если размер очереди превышает заданный предел, записи из неё массово переносятся в основную структуру данных GIN и очередь очищается. Размер по умолчанию — четыре мегабайта (4МБ). Этот предел можно переопределить для отдельных индексов GIN, изменив их параметры хранения. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 66.4.1 и Разделу 66.5.

19.11.2. Языковая среда и форматы

`DateStyle (string)`

Задаёт формат вывода значений даты и времени, а также правила интерпретации неоднозначных значений даты. По историческим причинам эта переменная содержит два независимых компонента: указание выходного формата (`ISO`, `Postgres`, `SQL` и `German`) и указание порядка год(У)/месяц(М)/день(Д) для вводимых и выводимых значений (`DMY`, `MDY` или `YMD`). Эти два компонента могут задаваться по отдельности или вместе. Ключевые слова `Euro` и `European` являются синонимами `DMY`, а ключевые слова `US`, `NonEuro` и `NonEuropean` — синонимы `MDY`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.5. Встроенное значение по умолчанию — `ISO`, `MDY`, но `initdb` при инициализации записывает в файл конфигурации значение, соответствующее выбранной локали `lc_time`.

`IntervalStyle (enum)`

Задаёт формат вывода для значений-интервалов. В формате `sql_standard` интервал выводится в виде, установленном стандартом SQL. В формате `postgres` (выбранном по умолчанию) интервал выводится в виде, применявшемся в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр `DateStyle` имел значение `ISO`. В формате `postgres_verbose` интервал выводится в виде, применявшемся в PostgreSQL до версии 8.4, когда параметр `DateStyle` имел значение не `ISO`. В формате `iso_8601` выводимая строка будет соответствовать «формату с кодами», определённого в разделе 4.4.3.2 стандарта ISO 8601.

На интерпретацию неоднозначных вводимых данных также влияет параметр `IntervalStyle`. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.5.4.

`TimeZone (string)`

Задаёт часовой пояс для вывода и ввода значений времени. Встроенное значение по умолчанию — `GMT`, но обычно оно переопределяется в `postgresql.conf`; `initdb` устанавливает в нём значение, соответствующее системному окружению. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.5.3.

`timezone_abbreviations (string)`

Задаёт набор сокращений часовых поясов, которые будут приниматься сервером во вводимых значениях даты и времени. Значение по умолчанию — `'Default'`, которое представляет набор основных сокращений, принятых в мире; допускаются также значения `'Australia'` и `'India'`, кроме них для конкретной инсталляции можно определить и другие наборы. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу В.3.

`extra_float_digits (integer)`

Этот параметр корректирует число цифр, выводимых при отображении чисел с плавающей точкой, включая типы `float4`, `float8` и геометрические типы. Значение параметра добавляется к стандартному числу цифр (`FLT_DIG` или `DBL_DIG`, в зависимости от типа). Значение может быть положительным, до 3, и тогда в выводе добавляются частично значимые цифры (это особенно

полезно для выгрузки чисел с плавающей точкой, которые должны быть восстановлены точно), или отрицательным, тогда в выводе будут подавляться нежелательные цифры. См. также Подраздел 8.1.3.

`client_encoding (string)`

Задаёт кодировку (набор символов) на стороне клиента. По умолчанию выбирается кодировка базы данных. Наборы символов, которые поддерживает сервер PostgreSQL, перечислены в Подразделе 23.3.1.

`lc_messages (string)`

Устанавливает язык выводимых сообщений. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

В некоторых системах такая категория локали отсутствует, так что даже если задать значение этой переменной, действовать оно не будет. Также может оказаться, что переведённые сообщения для запрошенного языка отсутствуют. В этих случаях вы по-прежнему будете получать сообщения на английском языке.

Изменить этот параметр могут только суперпользователи. Он влияет и на сообщения, которые сервер передаёт клиентам, и на те, что записываются в журнал, поэтому неподходящее значение может сделать серверные журналы нечитаемыми.

`lc_monetary (string)`

Устанавливает локаль для форматирования денежных сумм, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`lc_numeric (string)`

Устанавливает локаль для форматирования чисел, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`lc_time (string)`

Устанавливает локаль для форматирования даты и времени, например с использованием функций семейства `to_char`. Набор допустимых значений зависит от системы; за дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Если эта переменная определена как пустая строка (по умолчанию), то действующее значение получается из среды выполнения сервера, в зависимости от системы.

`default_text_search_config (string)`

Выбирает конфигурацию текстового поиска для тех функций текстового поиска, которым не передаётся аргумент, явно указывающий конфигурацию. За дополнительной информацией обратитесь к Главе 12. Встроенное значение по умолчанию — `pg_catalog.simple`, но `initdb` при инициализации записывает в файл конфигурации сервера значение, соответствующее выбранной локали `lc_ctype`, если удастся найти такую конфигурацию текстового поиска.

19.11.3. Предзагрузка разделяемых библиотек

Для настройки предварительной загрузки разделяемых библиотек в память сервера, в целях подключения дополнительной функциональности или увеличения быстродействия, предназначены

несколько параметров. Значения этих параметров задаются однотипно, например, со значением '\$libdir/mylib' в память будет загружена mylib.so (или в некоторых ОС, mylib.sl) из стандартного каталога библиотек данной инсталляции сервера. Различаются эти параметры тем, когда они вступают в силу и какие права требуются для их изменения.

Таким же образом можно загрузить библиотеки на процедурных языках PostgreSQL, обычно в виде '\$libdir/plXXX', где XXX — имя языка: pgsql, perl, tcl или python.

Этим способом можно загрузить только разделяемые библиотеки, предназначенные специально для использования с PostgreSQL. PostgreSQL при загрузке библиотеки проверяет наличие «отличительного блока» для гарантии совместимости. Поэтому загрузить библиотеки не для PostgreSQL таким образом нельзя. Для этого вы можете воспользоваться средствами операционной системы, например, переменной окружения LD_PRELOAD.

В общем случае, чтобы узнать, какой способ рекомендуется для загрузки модуля, следует обратиться к документации этого модуля.

`local_preload_libraries (string)`

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при установлении соединения. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой LOAD. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Заданное значение параметра действует только в начале соединения, так что последующие изменения ни на что не влияют. Если указанная в нём библиотека не найдена, установить подключение не удастся.

Этот параметр разрешено устанавливать всем пользователям. Поэтому библиотеки, которые так можно загрузить, ограничиваются теми, что находятся в подкаталоге plugins стандартного каталога библиотек установленного сервера. (Ответственность за то, чтобы в этом подкаталоге находились только «безопасные» библиотеки, лежит на администраторе.) В `local_preload_libraries` этот каталог можно задать явно (например, так: `$libdir/plugins/mylib`), либо просто указать имя библиотеки — `mylib` (оно будет воспринято как `$libdir/plugins/mylib`).

Данный механизм предназначен для того, чтобы непривилегированные пользователи могли загружать отладочные или профилирующие библиотеки в избранных сеансах, обходясь без явной команды LOAD. Для такого применения этот параметр обычно устанавливается в переменной окружения `PGOPTIONS` на клиенте или с помощью команды `ALTER ROLE SET`.

Обычно этот параметр не следует использовать, если только модуль не предназначен специально для такой загрузки обычными пользователями. Предпочтительная альтернатива ему — `session_preload_libraries`.

`session_preload_libraries (string)`

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при установлении соединения. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой LOAD. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Заданное значение параметра действует только в начале соединения, так что последующие изменения ни на что не влияют. Если указанная в нём библиотека не найдена, установить подключение не удастся. Изменить его могут только суперпользователи.

Данный параметр предназначен для загрузки отладочных или профилирующих библиотек в избранных сеансах, без явного выполнения команды LOAD. Например, можно загрузить модуль `auto_explain` во всех сеансах пользователя с заданным именем, установив этот параметр командой `ALTER ROLE SET`. Кроме того, этот параметр можно изменить без перезапуска сервера (хотя изменения вступают в силу только при запуске нового сеанса), так что таким образом проще подгружать новые модули, даже если это нужно сделать для всех сеансов.

В отличие от `shared_preload_libraries`, этот вариант загрузки библиотеки не даёт большого выигрыша в скорости по сравнению с вариантом загрузки при первом использовании. Однако он оказывается выигрышным, когда используется пул соединений.

`shared_preload_libraries (string)`

В этом параметре задаются одна или несколько разделяемых библиотек, которые будут загружаться при запуске сервера. Он содержит разделённый запятыми список имён библиотек, и каждое имя в нём должно восприниматься командой `LOAD`. Пробельные символы между именами игнорируются; если в имя нужно включить пробелы или запятые, заключите его в двойные кавычки. Этот параметр можно задать только при запуске сервера. Если указанная в нём библиотека не будет найдена, сервер не запустится.

Некоторые библиотеки при загрузке должны выполнять операции, которые могут иметь место только при запуске главного процесса, например, выделять разделяемую память, резервировать легковесные блокировки или запускать фоновые рабочие процессы. Такие библиотеки должны загружаться при запуске сервера посредством этого параметра. За подробностями обратитесь к документации библиотек.

Также можно предварительно загрузить и другие библиотеки. Предварительная загрузка позволяет избавиться от задержки, возникающей при первом использовании библиотеки. Однако при этом может несколько увеличиться время запуска каждого нового процесса, даже если он не будет использовать эту библиотеку. Поэтому применять этот параметр рекомендуется только для библиотек, которые будут использоваться большинством сеансов. Кроме того, при изменении этого параметра необходимо перезапускать сервер, так что этот вариант не подходит, например, для краткосрочных задач отладки. В таких случаях используйте вместо него `session_preload_libraries`.

Примечание

В системе Windows загрузка библиотек при запуске сервера не сокращает время запуска каждого нового серверного процесса; каждый процесс будет заново загружать все библиотеки. Однако параметр `shared_preload_libraries` всё же может быть полезен в Windows для загрузки библиотек, которые должны выполнять некоторые операции при запуске главного процесса.

`jit_provider (string)`

В этой переменной указывается библиотека провайдера JIT, которая будет использоваться (см. Подраздел 32.4.2). Значение по умолчанию — `llvmjit`. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Если указывается несуществующая библиотека, JIT не будет работать, но это не считается ошибкой. Такое поведение позволяет устанавливать поддержку JIT отдельно от основного пакета PostgreSQL.

19.11.4. Другие параметры по умолчанию

`dynamic_library_path (string)`

Когда требуется открыть динамически загружаемый модуль и его имя, заданное в команде `CREATE FUNCTION` или `LOAD` не содержит имён каталогов (т. е. в этом имени нет косой черты), система будет искать запрошенный файл в данном пути.

Значением параметра `dynamic_library_path` должен быть список абсолютных путей, разделённых двоеточием (или точкой с запятой в Windows). Если элемент в этом списке начинается со специальной строки `$libdir`, вместо неё подставляется заданный при компиляции путь каталога библиотек PostgreSQL; в этот каталог устанавливаются модули, поставляемые в составе стандартного дистрибутива PostgreSQL. (Чтобы узнать имя этого каталога, можно выполнить `pg_config --pkglibdir`.) Например:

```
dynamic_library_path = '/usr/local/lib/postgresql:/home/my_project/lib:$libdir'
```

Или в среде Windows:

```
dynamic_library_path = 'C:\tools\postgresql;H:\my_project\lib;$libdir'
```

Значение по умолчанию этого параметра — '\$libdir'. Если его значение — пустая строка, автоматический поиск по заданному пути отключается.

Суперпользователи могут изменить этот параметр в процессе работы сервера, но такое изменение будет действовать только до завершения клиентского соединения, так что этот вариант следует оставить для целей разработки. Для других целей этот параметр рекомендуется устанавливать в файле конфигурации `postgresql.conf`.

`gin_fuzzy_search_limit (integer)`

Задаёт мягкий верхний лимит для размера набора, возвращаемого при сканировании индексов GIN. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 66.5.

19.12. Управление блокировками

`deadlock_timeout (integer)`

Время ожидания блокировки (в миллисекундах), по истечении которого будет выполняться проверка состояния взаимоблокировки. Эта проверка довольно дорогостоящая, поэтому сервер не выполняет её при всяком ожидании блокировки. Мы оптимистично полагаем, что взаимоблокировки редки в производственных приложениях и поэтому просто ждём некоторое время, прежде чем пытаться выявить взаимоблокировку. При увеличении значения этого параметра сокращается время, уходящее на ненужные проверки взаимоблокировки, но замедляется реакция на реальные взаимоблокировки. Значение по умолчанию — одна секунда (1s), что близко к минимальному значению, которое стоит применять на практике. На сервере с большой нагрузкой имеет смысл увеличить его. В идеале это значение должно превышать типичное время транзакции, чтобы повысить шансы на то, что блокировка всё-таки будет освобождена, прежде чем ожидающая транзакция решит проверить состояние взаимоблокировки. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Когда включён параметр `log_lock_waits`, данный параметр также определяет, спустя какое время в журнал сервера будут записываться сообщения об ожидании блокировки. Если вы пытаетесь исследовать задержки, вызванные блокировками, имеет смысл уменьшить его по сравнению с обычным значением `deadlock_timeout`.

`max_locks_per_transaction (integer)`

Общая таблица блокировок отслеживает блокировки для `max_locks_per_transaction * (max_connections + max_prepared_transactions)` объектов (например, таблиц); таким образом, в любой момент времени может быть заблокировано не больше этого числа различных объектов. Этот параметр управляет средним числом блокировок объектов, выделяемым для каждой транзакции; отдельные транзакции могут заблокировать и больше объектов, если все они уместятся в таблице блокировок. Заметьте, что это *не* число строк, которое может быть заблокировано; их количество не ограничено. Значение по умолчанию, 64, как показала практика, вполне приемлемо, но может возникнуть потребность его увеличить, если запросы обращаются ко множеству различных таблиц в одной транзакции, как например, запрос к родительской таблице со многими потомками. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

Для ведомого сервера значение этого параметра должно быть больше или равно значению на ведущем. В противном случае на ведомом сервере не будут разрешены запросы.

`max_pred_locks_per_transaction (integer)`

Общая таблица предикатных блокировок отслеживает блокировки для `max_pred_locks_per_transaction * (max_connections + max_prepared_transactions)` объектов (например, таблиц); таким образом, в один момент времени может быть заблокировано не

больше этого число различных объектов. Этот параметр управляет средним числом блокировок объектов, выделяемым для каждой транзакции; отдельные транзакции могут заблокировать и больше объектов, если все они уместятся в таблице блокировок. Заметьте, что это *не* число строк, которое может быть заблокировано; их количество не ограничено. Значение по умолчанию, 64, как показала практика, вполне приемлемо, но может возникнуть потребность его увеличить, если запросы обращаются ко множеству различных таблиц в одной сериализуемой транзакции, как например, запрос к родительской таблице со многими потомками. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`max_pred_locks_per_relation (integer)`

Этот параметр определяет, для скольких страниц или кортежей одного отношения могут устанавливаться предикатные блокировки, прежде чем вместо них будет затребована одна блокировка для всего отношения. Значения, большие или равные нулю, задают абсолютный предел, а с отрицательным значением пределом будет значение `max_pred_locks_per_transaction`, делённое на модуль данного. По умолчанию действует значение -2, что даёт то же поведение, что наблюдалось в предыдущих версиях PostgreSQL. Этот параметр можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`max_pred_locks_per_page (integer)`

Этот параметр определяет, для скольких строк на одной странице могут устанавливаться предикатные блокировки, прежде чем вместо них будет затребована одна блокировка для всей страницы. Этот параметр можно задать только в файле `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

19.13. Совместимость с разными версиями и платформами

19.13.1. Предыдущие версии PostgreSQL

`array_nulls (boolean)`

Этот параметр определяет, будет ли при разборе вводимого массива распознаваться строка `NULL` без кавычек как элемент массива, равный `NULL`. Значение по умолчанию, `on`, позволяет задавать `NULL` в качестве элементов вводимого массива. Однако до версии 8.2 PostgreSQL не поддерживал ввод элементов `NULL` в массивах, а воспринимал `NULL` как обычный элемент массива со строковым значением «`NULL`». Для обратной совместимости с приложениями, зависящими от старого поведения, эту переменную можно отключить (присвоив ей `off`).

Заметьте, что массивы, содержащие `NULL`, можно создать, даже когда эта переменная имеет значение `off`.

`backslash_quote (enum)`

Этот параметр определяет, можно ли будет представить знак апострофа в строковой константе в виде `\'`. В стандарте SQL определён другой, предпочитаемый вариант передачи апострофа, удвоением (`' '`), но PostgreSQL исторически также принимал вариант `\'`. Однако применение варианта `\'` сопряжено с угрозами безопасности, так как в некоторых клиентских кодировках существуют многобайтные символы, последний байт которых численно равен ASCII-коду `\`. Если код на стороне клиента выполнит экранирование некорректно, это может открыть возможности для SQL-инъекции. Предотвратить этот риск можно, запретив серверу принимать запросы, в которых апостроф экранируется обратной косой. Допустимые значения параметра `backslash_quote`: `on` (принимать `\'` всегда), `off` (не принимать никогда) и `safe_encoding` (принимать, только если клиентская кодировка не допускает присутствия ASCII-кода `\` в многобайтных символах). Значение по умолчанию — `safe_encoding`.

Заметьте, что в строковой константе, записанной согласно стандарту, знаки `\` обозначают просто `\`. Этот параметр влияет только на восприятие строк, не соответствующих стандарту, в том числе с синтаксисом спецпоследовательностей (`E' ... '`).

`default_with_oids` (boolean)

Этот параметр определяет, будут ли команды `CREATE TABLE` и `CREATE TABLE AS` без явных указаний `WITH OIDS` и `WITHOUT OIDS` добавлять столбец `OID` в создаваемые таблицы. Он также устанавливает, будут ли столбцы `OID` добавляться в таблицы, создаваемые командой `SELECT INTO`. По умолчанию значение этого параметра — `off` (столбцы `OID` не добавляются); в PostgreSQL версии 8.0 и ранее он был включён (`on`).

Практика использования `OID` в пользовательских таблицах считается устаревшей, так что в большинстве инсталляций не следует включать этот параметр. Приложения, которым требуется столбец `OID` в определённой таблице, могут явно указать `WITH OIDS` при создании таблицы. Этот параметр следует включать только для совместимости со старыми приложениями, которые не делают этого.

`escape_string_warning` (boolean)

Когда этот параметр включён, сервер выдаёт предупреждение, если обратная косая черта (`\`) встречается в обычной строковой константе (с синтаксисом `'...'`) и параметр `standard_conforming_strings` отключён. Значение по умолчанию — `on` (вкл.).

Приложения, которые предпочитают использовать обратную косую в виде спецсимвола, должны перейти к применению синтаксиса спецстрок (`E'...'`), так как по умолчанию теперь в обычных строках обратная косая воспринимается как обычный символ, в соответствии со стандартом SQL. Включение данного параметра помогает найти код, нуждающийся в модификации.

`lo_compat_privileges` (boolean)

В PostgreSQL до версии 9.0 для больших объектов не назначались права доступа, и поэтому они были всегда доступны на чтение и запись для всех пользователей. Если установить для этого параметра значение `on`, существующие теперь проверки прав отключаются для совместимости с предыдущими версиями. Значение по умолчанию — `off`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

Установка данного параметра не приводит к отключению всех проверок безопасности, связанных с большими объектами — затрагиваются только те проверки, которые изменились в PostgreSQL 9.0.

`operator_precedence_warning` (boolean)

Когда этот параметр включён, анализатор запроса будет выдавать предупреждение для всех конструкций, которые поменяли поведение после PostgreSQL 9.4 в результате изменения приоритетов операторов. Это полезно для аудита, так как позволяет понять, не сломалось ли что-то вследствие этого изменения. Но в производственной среде включать его не следует, так как предупреждения могут выдаваться и тогда, когда код абсолютно правильный и соответствует стандарту SQL. Значение по умолчанию — `off`.

За подробностями обратитесь к Подразделу 4.1.6.

`quote_all_identifiers` (boolean)

Принудительно заключать в кавычки все идентификаторы, даже если это не ключевые слова (сегодня), при получении SQL из базы данных. Это касается вывода `EXPLAIN`, а также результатов функций типа `pg_get_viewdef`. См. также описание аргумента `--quote-all-identifiers` команд `pg_dump` и `pg_dumpall`.

`standard_conforming_strings` (boolean)

Этот параметр определяет, будет ли обратная косая черта в обычных строковых константах (`'...'`) восприниматься буквально, как того требует стандарт SQL. Начиная с версии PostgreSQL 9.1, он имеет значение `on` (в предыдущих версиях значение по умолчанию было `off`). Приложения могут выяснить, как обрабатываются строковые константы, проверив этот параметр. Наличие этого параметра может также быть признаком того, что поддерживается

синтаксис спецпоследовательностей (E'...'). Этот синтаксис (Подраздел 4.1.2.2) следует использовать, если приложению нужно, чтобы обратная косая воспринималась как спецсимвол.

`synchronize_seqscans (boolean)`

Этот параметр включает синхронизацию обращений при последовательном сканировании больших таблиц, чтобы эти операции читали один блок примерно в одно и то же время, и, таким образом, нагрузка разделялась между ними. Когда он включён, сканирование может начаться в середине таблицы, чтобы синхронизироваться со сканированием, которое уже выполняется. По достижении конца таблицы сканирование «заворачивается» к началу и завершает обработку пропущенных строк. Это может привести к непредсказуемому изменению порядка строк, возвращаемых запросами, в которых отсутствует предложение `ORDER BY`. Когда этот параметр выключен (имеет значение `off`), реализуется поведение, принятое до версии 8.3, когда последовательное сканирование всегда начиналось с начала таблицы. Значение по умолчанию — `on`.

19.13.2. Совместимость с разными платформами и клиентами

`transform_null_equals (boolean)`

Когда этот параметр включён, проверки вида *выражение* = NULL (или NULL = *выражение*) воспринимаются как *выражение* IS NULL, то есть они истинны, если *выражение* даёт значение NULL, и ложны в противном случае. Согласно спецификации SQL, сравнение *выражение* = NULL должно всегда возвращать NULL (неизвестное значение). Поэтому по умолчанию этот параметр выключен (равен `off`).

Однако формы фильтров в Microsoft Access генерируют запросы, в которых проверка на значение NULL записывается как *выражение* = NULL, так что если вы используете этот интерфейс для обращения к базе данных, имеет смысл включить данный параметр. Так как проверки вида *выражение* = NULL всегда возвращают значение NULL (следуя правилам стандарта SQL), они не очень полезны и не должны встречаться в обычных приложениях, так что на практике от включения этого параметра не будет большого вреда. Однако начинающие пользователи часто путаются в семантике выражений со значениями NULL, поэтому по умолчанию этот параметр выключен.

Заметьте, что этот параметр влияет только на точную форму сравнения = NULL, но не на другие операторы сравнения или выражения, результат которых может быть равнозначен сравнению с применением оператора равенства (например, конструкцию `IN`). Поэтому данный параметр не может быть универсальной защитой от плохих приёмов программирования.

За сопутствующей информацией обратитесь к Разделу 9.2.

19.14. Обработка ошибок

`exit_on_error (boolean)`

Если этот параметр включён, любая ошибка приведёт к прерыванию текущего сеанса. По умолчанию он отключён, так что сеанс будет прерываться только при критических ошибках.

`restart_after_crash (boolean)`

Когда этот параметр включён (это состояние по умолчанию), PostgreSQL будет автоматически перезагружаться после сбоя серверного процесса. Такой вариант позволяет обеспечить максимальную степень доступности базы данных. Однако в некоторых обстоятельствах, например, когда PostgreSQL управляется кластерным ПО, такую перезагрузку лучше отключить, чтобы кластерное ПО могло вмешаться и выполнить, возможно, более подходящие действия.

19.15. Предопределённые параметры

Следующие «параметры» доступны только для чтения, их значения задаются при компиляции или при установке PostgreSQL. По этой причине они исключены из примера файла `postgresql.conf`. Эти параметры сообщают различные аспекты поведения PostgreSQL, которые могут быть интересны для определённых приложений, например, средств администрирования.

`block_size (integer)`

Сообщает размер блока на диске. Он определяется значением `BLCKSZ` при сборке сервера. Значение по умолчанию — 8192 байта. Значение `block_size` влияет на некоторые другие переменные конфигурации (например, `shared_buffers`). Об этом говорится в Разделе 19.4.

`data_checksums (boolean)`

Сообщает, включён ли в этом кластере контроль целостности данных. За дополнительными сведениями обратитесь к `data checksums`.

`data_directory_mode (integer)`

В Unix-системах этот параметр показывает разрешения для каталога данных (`data_directory`), определённые при запуске. (В Microsoft Windows этот параметр всегда показывает 0700). За дополнительными сведениями обратитесь к `group access`.

`debug_assertions (boolean)`

Сообщает, был ли PostgreSQL собран с проверочными утверждениями. Это имеет место, когда при сборке PostgreSQL определён макрос `USE_ASSERT_CHECKING` (для этого нужно передать `configure` флаг `--enable-cassert`). По умолчанию PostgreSQL собирается без проверочных утверждений.

`integer_datetimes (boolean)`

Сообщает, был ли PostgreSQL собран с поддержкой даты и времени в 64-битных целых. Начиная с PostgreSQL версии 10, он всегда равен `on`.

`lc_collate (string)`

Сообщает локаль, по правилам которой выполняется сортировка текстовых данных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Это значение определяется при создании базы данных.

`lc_ctype (string)`

Сообщает локаль, определяющую классификацию символов. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.1. Это значение определяется при создании базы данных. Обычно оно не отличается от `lc_collate`, но для некоторых приложений оно может быть определено по-другому.

`max_function_args (integer)`

Сообщает верхний предел для числа аргументов функции. Он определяется константой `FUNC_MAX_ARGS` при сборке сервера. По умолчанию установлен предел в 100 аргументов.

`max_identifier_length (integer)`

Сообщает максимальную длину идентификатора. Она определяется числом на 1 меньше, чем `NAMEDATALEN`, при сборке сервера. По умолчанию константа `NAMEDATALEN` равна 64; следовательно `max_identifier_length` по умолчанию равна 63 байтам, но число символов в многобайтной кодировке будет меньше.

`max_index_keys (integer)`

Сообщает верхний предел для числа ключей индекса. Он определяется константой `INDEX_MAX_KEYS` при сборке сервера. По умолчанию установлен предел в 32 ключа.

`segment_size (integer)`

Сообщает, сколько блоков (страниц) можно сохранить в одном файловом сегменте. Это число определяется константой `RELSEG_SIZE` при сборке сервера. Максимальный размер сегмента в файлах равен произведению `segment_size` и `block_size`; по умолчанию это 1 гигабайт.

`server_encoding (string)`

Сообщает кодировку базы данных (набор символов). Она определяется при создании базы данных. Обычно клиентов должно интересовать только значение `client_encoding`.

`server_version (string)`

Сообщает номер версии сервера. Она определяется константой `PG_VERSION` при сборке сервера.

`server_version_num (integer)`

Сообщает номер версии сервера в виде целого числа. Она определяется константой `PG_VERSION_NUM` при сборке сервера.

`wal_block_size (integer)`

Сообщает размер блока WAL на диске. Он определяется константой `XLOG_BLCKSZ` при сборке сервера. Значение по умолчанию — 8192 байта.

`wal_segment_size (integer)`

Сообщает число блоков (страниц) в файле сегмента WAL. Общий размер файла сегмента WAL равняется произведению `wal_segment_size` и `wal_block_size`; по умолчанию это 16 мегабайт. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 30.4.

19.16. Внесистемные параметры

Поддержка внесистемных параметров была реализована, чтобы дополнительные модули (например, процедурные языки) могли добавлять собственные параметры, неизвестные серверу PostgreSQL. Это позволяет единообразно настраивать модули расширения.

Имена параметров расширений записываются следующим образом: имя расширения, точка и затем собственно имя параметра, подобно полным именам объектов в SQL. Например: `plpgsql.variable_conflict`.

Так как внесистемные параметры могут быть установлены в процессах, не загружающих соответствующий модуль расширения, PostgreSQL принимает значения для любых имён с двумя компонентами. Такие параметры воспринимаются как заготовки и не действуют до тех пор, пока не будет загружен определяющий их модуль. Когда модуль расширения загружается, он добавляет свои определения параметров и присваивает все заготовленные значения этим параметрам, либо выдаёт предупреждение, если начинающееся с имени данного расширения имя заготовленного параметра оказывается нераспознанным.

19.17. Параметры для разработчиков

Следующие параметры предназначены для работы над исходным кодом PostgreSQL, а в некоторых случаях они могут помочь восстановить сильно повреждённые базы данных. Для использования их в производственной среде не должно быть причин, поэтому они исключены из примера файла `postgresql.conf`. Заметьте, что для работы с многими из этих параметров требуются специальные флаги компиляции.

`allow_system_table_mods (boolean)`

Разрешает модификацию структуры системных таблиц. Этот параметр используется командой `initdb`. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`ignore_system_indexes (boolean)`

Отключает использование индексов при чтении системных таблиц (при этом индексы всё же будут изменяться при записи в эти таблицы). Это полезно для восстановления работоспособности при повреждённых системных индексах. Этот параметр нельзя изменить после запуска сеанса.

`post_auth_delay (integer)`

При ненулевом значении этот параметр задаёт задержку (в секундах) при запуске нового серверного процесса после выполнения процедуры аутентификации. Он предназначен для того, чтобы разработчики имели возможность подключить отладчик к серверному процессу. Этот параметр нельзя изменить после начала сеанса.

`pre_auth_delay (integer)`

При ненулевом значении этот параметр задаёт задержку (в секундах), добавляемую сразу после порождения нового серверного процесса, до выполнения процедуры аутентификации. Он предназначен для того, чтобы разработчики имели возможность подключить отладчик к серверному процессу при решении проблем с аутентификацией. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`trace_notify (boolean)`

Включает вывод очень подробной отладочной информации при выполнении команд `LISTEN` и `NOTIFY`. Чтобы эти сообщения передавались клиенту или в журнал сервера, параметр `client_min_messages` или `log_min_messages`, соответственно, должен иметь значение `DEBUG1` или ниже.

`trace_recovery_messages (enum)`

Включает вывод в журнал отладочных сообщений, связанных с восстановлением, которые иначе не выводятся. Этот параметр позволяет пользователю переопределить обычное значение `log_min_messages`, но только для специфических сообщений. Он предназначен для отладки режима горячего резерва. Допустимые значения: `DEBUG5`, `DEBUG4`, `DEBUG3`, `DEBUG2`, `DEBUG1` и `LOG`. Значение по умолчанию, `LOG`, никак не влияет на запись этих сообщений в журнал. С другими значениями отладочные сообщения, связанные с восстановлением, имеющие заданный приоритет или выше, выводятся, как если бы они имели приоритет `LOG`; при стандартных значениях `log_min_messages` это означает, что они будут фиксироваться в журнале сервера. Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`trace_sort (boolean)`

Включает вывод информации об использовании ресурсов во время операций сортировки. Этот параметр доступен, только если при сборке PostgreSQL был определён макрос `TRACE_SORT`. (По умолчанию макрос `TRACE_SORT` определён.)

`trace_locks (boolean)`

Включает вывод подробной информации о блокировках. Она содержит вид операции блокировки, тип блокировки и уникальный идентификатор объекта, который блокируется или разблокируется. Кроме того, в её составе выводятся битовые маски для типов блокировок, уже полученных для данного объекта, и для типов блокировок, ожидающих его освобождения. В дополнение к этому выводится количество полученных и ожидающих блокировок для каждого типа блокировок, а также их общее количество. Ниже показан пример вывода в журнал:

```
LOG:  LockAcquire: new: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  GrantLock: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(2) req(1,0,0,0,0,0)=1 grant(1,0,0,0,0,0)=1
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  UnGrantLock: updated: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(AccessShareLock)
LOG:  CleanUpLock: deleting: lock(0xb7acd844) id(24688,24696,0,0,0,1)
      grantMask(0) req(0,0,0,0,0,0)=0 grant(0,0,0,0,0,0)=0
      wait(0) type(INVALID)
```

Подробнее о структуре выводимой информации можно узнать в `src/include/storage/lock.h`.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`trace_lwlocks (boolean)`

Включает вывод информации об использовании легковесных блокировок. Такие блокировки предназначены в основном для взаимоисключающего доступа к общим структурам данных в памяти.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`trace_userlocks (boolean)`

Включает вывод информации об использовании пользовательских блокировок. Она выводится в том же формате, что и с `trace_locks`, но по рекомендательным блокировкам.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`trace_lock_oidmin (integer)`

Если этот параметр установлен, при трассировке блокировок не будут отслеживаться таблицы с OID меньше заданного (это используется для исключения из трассировки системных таблиц).

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`trace_lock_table (integer)`

Безусловно трассировать блокировки для таблицы с заданным OID.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`debug_deadlocks (boolean)`

Включает вывод информации обо всех текущих блокировках при тайм-ауте взаимоблокировки.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `LOCK_DEBUG`.

`log_btree_build_stats (boolean)`

Включает вывод статистики использования системных ресурсов (памяти и процессора) при различных операциях с B-деревом.

Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `BTREE_BUILD_STATS`.

`wal_consistency_checking (string)`

Этот параметр предназначен для проверки ошибок в процедурах воспроизведения WAL. Когда он включён, в записи WAL добавляются полные образы страниц всех изменяемых буферов. Когда запись впоследствии воспроизводится, система сначала применяет эту запись, а затем проверяет, соответствуют ли буферы, изменённые записью, сохранённым образам. В определённых случаях (например, во вспомогательных битах) небольшие изменения допускаются и будут игнорироваться. Если выявляются неожиданные различия, это считается критической ошибкой и восстановление прерывается.

По умолчанию значение этого параметра — пустая строка, так что эта функциональность отключена. Его значением может быть `all` (будут проверяться все записи) или список имён менеджеров ресурсов через запятую (будут проверяться записи, выдаваемые этими менеджерами). В настоящее время поддерживаются менеджеры `heap`, `heap2`, `btree`, `hash`, `gin`, `gist`, `sequence`, `spgist`, `brin` и `generic`. Изменять этот параметр могут только суперпользователи.

`wal_debug` (boolean)

Включает вывод отладочной информации, связанной с WAL. Этот параметр доступен, только если при компиляции PostgreSQL был определён макрос `WAL_DEBUG`.

`ignore_checksum_failure` (boolean)

Этот параметр действует, только если включён `data checksums`.

При обнаружении ошибок контрольных сумм при чтении PostgreSQL обычно сообщает об ошибке и прерывает текущую транзакцию. Если параметр `ignore_checksum_failure` включён, система игнорирует проблему (но всё же предупреждает о ней) и продолжает обработку. Это поведение может *привести к краху, распространению или сокрытию повреждения данных и другим серьёзными проблемам*. Однако, включив его, вы можете обойти ошибку и получить неповреждённые данные, которые могут находиться в таблице, если цел заголовок блока. Если же повреждён заголовок, будет выдана ошибка, даже когда этот параметр включён. По умолчанию этот параметр отключён (имеет значение `off`) и изменить его состояние может только суперпользователь.

`zero_damaged_pages` (boolean)

При выявлении повреждённого заголовка страницы PostgreSQL обычно сообщает об ошибке и прерывает текущую транзакцию. Если параметр `zero_damaged_pages` включён, вместо этого система выдаёт предупреждение, обнуляет повреждённую страницу в памяти и продолжает обработку. Это поведение *разрушает данные*, а именно все строки в повреждённой странице. Однако, включив его, вы можете обойти ошибку и получить строки из неповреждённых страниц, которые могут находиться в таблице. Это бывает полезно для восстановления данных, испорченных в результате аппаратной или программной ошибки. Обычно включать его следует только тогда, когда не осталось никакой другой надежды на восстановление данных в повреждённых страницах таблицы. Обнулённые страницы не сохраняются на диск, поэтому прежде чем выключать этот параметр, рекомендуется пересоздать проблемные таблицы или индексы. По умолчанию этот параметр отключён (имеет значение `off`) и изменить его состояние может только суперпользователь.

`jit_debugging_support` (boolean)

При наличии требуемой функциональности LLVM регистрировать генерируемые функции в GDB. Это позволяет упростить отладку. Значение по умолчанию — `off` (выкл.). Изменить этот параметр можно только при запуске сервера.

`jit_dump_bitcode` (boolean)

Записывать сгенерированный LLVM IR-код в файловую систему, в каталог `data_directory`. Это полезно только для работы с внутренним механизмом JIT. Значение по умолчанию — `off` (выкл.). Изменить этот параметр может только суперпользователь.

`jit_expressions` (boolean)

Определяет, будут ли JIT-компилироваться выражения, когда JIT-компиляция включена (см. Раздел 32.2). Значение по умолчанию — `on` (вкл.).

`jit_profiling_support` (boolean)

При наличии требуемой функциональности LLVM выдавать данные, необходимые для профилирования с помощью `perf` функций, которые генерирует JIT. Выходные файлы записываются в каталог `$HOME/.debug/jit/`; удалять их при желании должен сам пользователь. Значение по умолчанию — `off` (выкл.). Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

`jit_tuple_deforming` (boolean)

Определяет, будет ли JIT-компилироваться преобразование кортежей, когда JIT-компиляция включена (см. Раздел 32.2). Значение по умолчанию — `on` (вкл.).

19.18. Краткие аргументы

Для удобства с некоторыми параметрами сопоставлены однобуквенные аргументы командной строки. Все они описаны в Таблице 19.2. Некоторые из этих сопоставлений существуют по историческим причинам, так что наличие однобуквенного синонима не обязательно является признаком того, что этот аргумент часто используется.

Таблица 19.2. Ключ кратко аргумента

Краткий аргумент	Эквивалент
-B x	shared_buffers = x
-d x	log_min_messages = DEBUG x
-e	datestyle = euro
-fb, -fh, -fi, -fm, -fn, -fo, -fs, -ft	enable_bitmapscan = off , enable_hashjoin = off, enable_indexscan = off , enable_mergejoin = off , enable_nestloop = off , enable_indexonlyscan = off , enable_seqscan = off, enable_tidscan = off
-F	fsync = off
-h x	listen_addresses = x
-i	listen_addresses = '*'
-k x	unix_socket_directories = x
-l	ssl = on
-N x	max_connections = x
-O	allow_system_table_mods = on
-p x	port = x
-P	ignore_system_indexes = on
-s	log_statement_stats = on
-S x	work_mem = x
-tpa, -tpl, -te	log_parser_stats = on , log_planner_stats = on, log_executor_stats = on
-W x	post_auth_delay = x

Глава 20. Аутентификация клиентского приложения

При подключении к серверу базы данных, клиентское приложение указывает имя пользователя PostgreSQL, так же как и при обычном входе пользователя на компьютер с ОС Unix. При работе в среде SQL по имени пользователя определяется, какие у него есть права доступа к объектам базы данных (подробнее это описывается в Главе 21). Следовательно, важно указать на этом этапе, к каким базам пользователь имеет право подключиться.

Примечание

Как можно узнать из Главы 21, PostgreSQL управляет правами и привилегиями, используя так называемые «роли». В этой главе под *пользователем* мы подразумеваем «роль с привилегией LOGIN».

Аутентификация это процесс идентификации клиента сервером базы данных, а также определение того, может ли клиентское приложение (или пользователь запустивший приложение) подключиться с указанным именем пользователя.

PostgreSQL предлагает несколько различных методов аутентификации клиентов. Метод аутентификации конкретного клиентского соединения может основываться на адресе компьютера клиента, имени базы данных, имени пользователя.

Имена пользователей базы данных PostgreSQL не имеют прямой связи с пользователями операционной системы на которой запущен сервер. Если у всех пользователей базы данных заведена учётная запись в операционной системе сервера, то имеет смысл назначить им точно такие же имена для входа в PostgreSQL. Однако, сервер, принимающий удалённые подключения, может иметь большое количество пользователей базы данных, у которых нет учётной записи в ОС. В таких случаях не требуется соответствие между именами пользователей базы данных и именами пользователей операционной системы.

20.1. Файл `pg_hba.conf`

Аутентификация клиентов управляется конфигурационным файлом, который традиционно называется `pg_hba.conf` и расположен в каталоге с данными кластера базы данных. (HBA расшифровывается как *host-based authentication* — аутентификации по имени узла.) Файл `pg_hba.conf`, со стандартным содержимым, создаётся командой `initdb` при инициализации каталога с данными. Однако его можно разместить в любом другом месте; см. конфигурационный параметр `hba_file`.

Обычный формат файла `pg_hba.conf` представляет собой набор записей, по одной в строке. Пустые строки игнорируются, как и любой текст комментария после знака `#`. Записи не продолжаются на следующей строке. Записи состоят из некоторого количества полей, разделённых между собой пробелом и/или `tabs`. В полях могут быть использованы пробелы, если они взяты в кавычки. Если в кавычки берётся какое-либо зарезервированное слово в поле базы данных, пользователя или адресации (например, `all` или `replication`), то слово теряет своё особое значение и просто обозначает базу данных, пользователя или сервер с данным именем.

Каждая запись обозначает тип соединения, диапазон IP-адресов клиента (если он соотносится с типом соединения), имя базы данных, имя пользователя, и способ аутентификации, который будет использован для соединения в соответствии с этими параметрами. Первая запись с соответствующим типом соединения, адресом клиента, указанной базой данных и именем пользователя применяется для аутентификации. Процедур «*fall-through*» или «*backup*» не предусмотрено: если выбрана запись и аутентификация не прошла, последующие записи не рассматриваются. Если же ни одна из записей не подошла, в доступе будет отказано.

Запись может быть сделана в одном из семи форматов:

local	база	пользователь	метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
host	база	пользователь	адрес метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
hostssl	база	пользователь	адрес метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
hostnssl	база	пользователь	адрес метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
host	база	пользователь	IP-адрес IP-маска метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
hostssl	база	пользователь	IP-адрес IP-маска метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]
hostnssl	база	пользователь	IP-адрес IP-маска метод-аутентификации	[параметры-аутентификации]

Значения полей описаны ниже:

local

Управляет подключениями через Unix-сокеты. Без подобной записи подключения через Unix-сокеты невозможны.

host

Управляет подключениями, устанавливаемыми по TCP/IP. Записи host соответствуют подключениям с SSL и без SSL.

Примечание

Удалённое соединение по TCP/IP невозможно, если сервер запущен без определения соответствующих значений для параметра конфигурации `listen_addresses`, поскольку по умолчанию система принимает подключения по TCP/IP только для локального адреса замыкания `localhost`.

hostssl

Управляет подключениями, устанавливаемыми по TCP/IP с применением шифрования SSL.

Чтобы использовать эту возможность, сервер должен быть собран с поддержкой SSL. Более того, механизм SSL должен быть включён параметром конфигурации `ssl` (подробнее об этом в Разделе 18.9). В противном случае запись `hostssl` игнорируется (не считая предупреждения о том, что ей не будут соответствовать никакие подключения).

hostnssl

Этот тип записей противоположен `hostssl`, ему соответствуют только подключения по TCP/IP без шифрования SSL.

база

Определяет, каким именам баз данных соответствует эта запись. Значение `all` определяет, что подходят все базы данных. Значение `sameuser` определяет, что данная запись соответствует только, если имя запрашиваемой базы данных совпадает с именем запрашиваемого пользователя. Значение `samerole` определяет, что запрашиваемый пользователь должен быть членом роли с таким же именем, как и у запрашиваемой базы данных. (`samegroup` - это устаревший, но допустимый вариант значения `samerole`.) Суперпользователи не становятся членами роли автоматически из-за `samerole`, а только если они являются явными членами роли, прямо или косвенно, и не только из-за того, что они суперпользователи. Значение `replication` показывает, что запись соответствует, если запрашивается подключение физической репликации (имейте в виду, что подключения репликации не определяют какую-то конкретную базу данных). В противном случае, это имя определённой базы данных PostgreSQL. Несколько имён баз данных можно указать, разделяя их запятыми. Файл, содержащий имена баз данных, можно указать, поставив знак `@` в начале его имени.

пользователь

Указывает, какому имени (или именам) пользователя базы данных соответствует эта запись. Значение `all` показывает, что это подходит всем пользователям. В противном случае, это либо имя конкретного пользователя базы данных, или имя группы, в начале которого стоит знак `+`. (Напомним, что в PostgreSQL нет никакой разницы между пользователем и группой; знак `+` означает «совпадение любых ролей, которые прямо или косвенно являются членами роли», тогда как имя без знака `+` является подходящей только для этой конкретной роли.) В связи с этим, суперпользователь рассматривается как член роли, только если он явно является членом этой роли, прямо или косвенно, а не только потому, что он является суперпользователем. Несколько имён пользователей можно указать, разделяя их запятыми. Файл, содержащий имена пользователей, можно указать, поставив знак `@` в начале его имени.

адрес

Указывает адрес (или адреса) клиентской машины, которым соответствует данная запись. Это поле может содержать или имя компьютера, или диапазон IP-адресов, или одно из нижеупомянутых ключевых слов.

Диапазон IP-адресов указывается в виде начального адреса диапазона, дополненного косой чертой (`/`) и длиной маски CIDR. Длина маски задаёт количество старших битов клиентского IP-адреса, которые должны совпадать с битами IP-адреса диапазона. Биты, находящиеся правее, в указанном IP-адресе должны быть нулевыми. Между IP-адресом, знаком `/` и длиной маски CIDR не должно быть пробельных символов.

Типичные примеры диапазонов адресов IPv4, указанных таким образом: `172.20.143.89/32` для одного компьютера, `172.20.143.0/24` для небольшой и `10.6.0.0/16` для крупной сети. Диапазон адресов IPv6 может выглядеть как `::1/128` для одного компьютера (это адрес замыкания IPv6) или как `fe80::7a31:c1ff:0000:0000/96` для небольшой сети. `0.0.0.0/0` представляет все адреса IPv4, а `::0/0` — все адреса IPv6. Чтобы указать один компьютер, используйте длину маски 32 для IPv4 или 128 для IPv6. Опускать замыкающие нули в сетевом адресе нельзя.

Запись, сделанная в формате IPv4, подойдёт только для подключений по IPv4, а запись в формате IPv6 подойдёт только для подключений по IPv6, даже если представленный адрес находится в диапазоне IPv4-в-IPv6. Имейте в виду, что записи в формате IPv6 не будут приниматься, если системная библиотека C не поддерживает адреса IPv6.

Вы также можете прописать значение `all`, чтобы указать любой IP-адрес, `samehost`, чтобы указать любые IP-адреса данного сервера, или `samenet`, чтобы указать любой адрес любой подсети, к которой сервер подключён напрямую.

Если определено имя компьютера (всё, что не является диапазоном IP-адресов или специальным ключевым словом, воспринимается как имя компьютера), то оно сравнивается с результатом обратного преобразования IP-адреса клиента (например, обратного DNS-запроса, если используется DNS). При сравнении имён компьютеров регистр не учитывается. Если имена совпали, выполняется прямое преобразование имени (например, прямой DNS-запрос) для проверки, относится ли клиентский IP-адрес к адресам, соответствующим имени. Если двусторонняя проверка пройдена, запись считается соответствующей компьютеру. (В качестве имени узла в файле `pg_hba.conf` должно указываться то, что возвращается при преобразовании IP-адреса клиента в имя, иначе строка не будет соответствовать узлу. Некоторые базы данных имён позволяют связать с одним IP-адресом несколько имён узлов, но операционная система при попытке разрешить IP-адрес возвращает только одно имя.)

Указание имени, начинающееся с точки (`.`), соответствует суффиксу актуального имени узла. Так, `.example.com` будет соответствовать `foo.example.com` (а не только `example.com`).

Когда в `pg_hba.conf` указываются имена узлов, следует добиться, чтобы разрешение имён выполнялось достаточно быстро. Для этого может быть полезен локальный кеш разрешения имён, например, `nsd`. Вы также можете включить конфигурационный параметр `log_hostname`, чтобы видеть в журналах имя компьютера клиента вместо IP-адреса.

Это поле применимо только к записям `host`, `hostssl` и `hostnossl`.

Примечание

Пользователи часто задаются вопросом, почему имена серверов обрабатываются таким сложным, на первый взгляд, способом, с разрешением двух имён, включая обратный запрос клиентского IP-адреса. Это усложняет процесс в случае, если обратная DNS-запись клиента не установлена или включает в себя нежелательное имя узла. Такой способ избран, в первую очередь, для повышения эффективности: в этом случае соединение требует максимум два запроса разрешения, один прямой и один обратный. Если есть проблема разрешения с каким-то адресом, то она остаётся проблемой этого клиента. Гипотетически, могла бы быть реализована возможность во время каждой попытки соединения выполнять только прямой запрос для разрешения каждого имени сервера, упомянутого в `pg_hba.conf`. Но если список имён велик, процесс был бы довольно медленным, а в случае наличия проблемы разрешения у одного имени сервера, это стало бы общей проблемой.

Также обратный запрос необходим для того, чтобы реализовать возможность соответствия суффиксов, поскольку для сопоставления с шаблоном требуется знать фактическое имя компьютера клиента.

Обратите внимание, что такое поведение согласуется с другими популярными реализациями контроля доступа на основе имён, такими как Apache HTTP Server и TCP Wrappers.

IP-адрес

IP-маска

Эти два поля могут быть использованы как альтернатива записи *IP-адрес/длина-маски*. Вместо того, чтобы указывать длину маски, в отдельном столбце указывается сама маска. Например, `255.0.0.0` представляет собой маску CIDR для IPv4 длиной 8 бит, а `255.255.255.255` представляет маску CIDR длиной 32 бита.

Эти поля применимы только к записям `host`, `hostssl` и `hostnossl`.

метод-аутентификации

Указывает метод аутентификации, когда подключение соответствует этой записи. Варианты выбора приводятся ниже; подробности в Разделе 20.3.

`trust`

Разрешает безусловное подключение. Этот метод позволяет тому, кто может подключиться к серверу с базой данных PostgreSQL, войти под любым желаемым пользователем PostgreSQL без введения пароля и без какой-либо другой аутентификации. За подробностями обратитесь к Разделу 20.4.

`reject`

Отклоняет подключение безусловно. Эта возможность полезна для «фильтрации» некоторых серверов группы, например, строка `reject` может отклонить попытку подключения одного компьютера, при этом следующая строка позволяет подключиться остальным компьютерам в той же сети.

`scram-sha-256`

Проверяет пароль пользователя, производя аутентификацию SCRAM-SHA-256. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

`md5`

Проверяет пароль пользователя, производя аутентификацию SCRAM-SHA-256 или MD5. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

password

Требует для аутентификации введения клиентом незашифрованного пароля. Поскольку пароль посылается простым текстом через сеть, такой способ не стоит использовать, если сеть не вызывает доверия. За подробностями обратитесь к Разделу 20.5.

gss

Для аутентификации пользователя использует GSSAPI. Этот способ доступен только для подключений по TCP/IP. За подробностями обратитесь к Разделу 20.6.

sspi

Для аутентификации пользователя использует SSPI. Способ доступен только для Windows. За подробностями обратитесь к Разделу 20.7.

ident

Получает имя пользователя операционной системы клиента, связываясь с сервером Ident, и проверяет, соответствует ли оно имени пользователя базы данных. Аутентификация ident может использоваться только для подключений по TCP/IP. Для локальных подключений применяется аутентификация peer. За подробностями обратитесь к Разделу 20.8.

peer

Получает имя пользователя операционной системы клиента из операционной системы и проверяет, соответствует ли оно имени пользователя запрашиваемой базы данных. Доступно только для локальных подключений. За подробностями обратитесь к Разделу 20.9.

ldap

Проводит аутентификацию, используя сервер LDAP. За подробностями обратитесь к Разделу 20.10.

radius

Проводит аутентификацию, используя сервер RADIUS. За подробностями обратитесь к Разделу 20.11

cert

Проводит аутентификацию, используя клиентский сертификат SSL. За подробностями обратитесь к Разделу 20.12

ram

Проводит аутентификацию, используя службу подключаемых модулей аутентификации (PAM), предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Разделу 20.13.

bsd

Проводит аутентификацию, используя службу аутентификации BSD, предоставляемую операционной системой. За подробностями обратитесь к Разделу 20.14.

.

параметры-аутентификации

После поля *метод-аутентификации* может идти поле (поля) вида *имя=значение*, определяющее параметры метода аутентификации. Подробнее о параметрах, доступных для различных методов аутентификации, рассказывается ниже.

Помимо описанных далее параметров, относящихся к различным методам, есть один общий параметр аутентификации `clientcert`, который можно задать в любой записи `hostssl`. Если он равен 1, клиент должен представить подходящий (доверенный) сертификат SSL, в дополнение к другим требованиям метода проверки подлинности.

Файлы, включённые в конструкции, начинающиеся с @, читаются, как список имён, разделённых запятыми или пробелами. Комментарии предваряются знаком #, как и в файле `pg_hba.conf`, и вложенные @ конструкции допустимы. Если только имя файла, начинающегося с @ не является абсолютным путём.

Поскольку записи файла `pg_hba.conf` рассматриваются последовательно для каждого подключения, порядок записей имеет большое значение. Обычно, более ранние записи определяют чёткие критерии для соответствия параметров подключения, но для методов аутентификации допускают послабления. Напротив, записи более поздние смягчают требования к соответствию параметров подключения, но усиливают их в отношении методов аутентификации. Например, некто желает использовать `trust` аутентификацию для локального подключения по TCP/IP, но при этом запрашивать пароль для удалённых подключений по TCP/IP. В этом случае, запись, указывающая `trust` аутентификацию для подключения адреса 127.0.0.1 должна появиться до записи, определяющей аутентификацию через пароль для более широкого диапазона клиентских IP-адресов.

Файл `pg_hba.conf` прочитывается во время запуска и в момент получения основным процессом сервера сигнала SIGHUP. Если вы редактируете файл во время работы системы, необходимо послать сигнал процессу `postmaster` (используя `pg_ctl reload` или `kill -HUP`), чтобы он прочел обновленный файл.

Примечание

Предыдущее утверждение не касается Microsoft Windows: там любые изменения в `pg_hba.conf` сразу применяются к последующим подключениям.

Системное представление `pg_hba_file_rules` может быть полезно для предварительной проверки изменений в файле `pg_hba.conf` или для диагностики проблем, когда перезагрузка этого файла не даёт желаемого эффекта. Строки в этом представлении, содержащие в поле `error` не NULL, указывают на проблемы в соответствующих строках файла.

Подсказка

Чтобы подключиться к конкретной базе данных, пользователь не только должен пройти все проверки файла `pg_hba.conf`, но должен иметь привилегию `CONNECT` для подключения к базе данных. Если вы хотите ограничить доступ к базам данных для определённых пользователей, проще предоставить/отозвать привилегию `CONNECT`, нежели устанавливать правила в записях файла `pg_hba.conf`.

Примеры записей файла `pg_hba.conf` показаны в Примере 20.1. Обратитесь к следующему разделу за более подробной информацией по методам аутентификации.

Пример 20.1. Примеры записей `pg_hba.conf`

```
# Позволяет любому пользователю локальной системы подключаться
# к любой базе данных, используя любое имя пользователя баз данных, через
# Unix-сокеты (по умолчанию для локальных подключений).
#
# TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS      METHOD
local      all            all
trust

# То же, но для локальных замкнутых подключений по TCP/IP.
#
# TYPE      DATABASE      USER      ADDRESS      METHOD
host       all            all        127.0.0.1/32  trust

# То же, что и в предыдущей строке, но с указанием
# сетевой маски в отдельном столбце
#
```

Аутентификация клиентского приложения

```
# TYPE DATABASE USER IP-ADDRESS IP-MASK METHOD
host all all 127.0.0.1 255.255.255.255 trust

# То же для IPv6.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host all all ::1/128 trust

# То же самое, но с использованием имени компьютера
# (обычно покрывает и IPv4, и IPv6).
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host all all localhost trust

# Позволяет любому пользователю любого компьютера с IP-адресом
# 192.168.93.x подключаться к базе данных "postgres"
# с именем, которое сообщает для данного подключения ident
# (как правило, имя пользователя операционной системы).
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host postgres all 192.168.93.0/24 ident

# Позволяет любому пользователю компьютера 192.168.12.10 подключаться
# к базе данных "postgres", если он передаёт правильный пароль.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host postgres all 192.168.12.10/32 scram-sha-256

# Позволяет любым пользователям с компьютеров в домене example.com
# подключаться к любой базе данных, если передаётся правильный пароль.
#
# Для всех пользователей требуется аутентификация SCRAM, за исключением
# пользователя 'mike', который использует старый клиент, не поддерживающий
# аутентификацию SCRAM.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host all mike .example.com md5
host all all .example.com scram-sha-256

# В случае отсутствия предшествующих строчек с "host", следующие две строки
# откажут в подключении с 192.168.54.1 (поскольку данная запись будет
# выбрана первой), но разрешат подключения GSSAPI с любых других
# адресов. С нулевой маской ни один бит из IP-адреса компьютера
# не учитывается, так что этой строке соответствует любой компьютер.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host all all 192.168.54.1/32 reject
host all all 0.0.0.0/0 gss

# Позволяет пользователям с любого компьютера 192.168.x.x подключаться
# к любой базе данных, если они проходят проверку ident. Если же ident
# говорит, например, что это пользователь "bryanh" и он запрашивает
# подключение как пользователь PostgreSQL "guest1", подключение
# будет разрешено, если в файле pg_ident.conf есть сопоставление
# "omicron", позволяющее пользователю "bryanh" подключаться как "guest1".
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host all all 192.168.0.0/16 ident map=omicron
```

```
# Если для локальных подключений предусмотрены только эти три строки,
# они позволят локальным пользователям подключаться только к своим
# базам данных (базам данных с именами, совпадающими с
# именами пользователей баз данных), кроме администраторов
# или членов роли "support", которые могут подключиться к любой БД.
# Список имён администраторов содержится в файле $PGDATA/admins.
# Пароли запрашиваются в любом случае.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
local sameuser all md5
local all @admins md5
local all +support md5

# Последние две строчки выше могут быть объединены в одну:
local all @admins,+support md5

# В столбце DATABASE также могут указываться списки и имена файлов:
local db1,db2,@demodbs all md5
```

20.2. Файл сопоставления имён пользователей

Когда используется внешняя система аутентификации, например Ident или GSSAPI, имя пользователя операционной системы, устанавливающего подключение, может не совпадать с именем целевого пользователя (роли) базы данных. В этом случае можно применить сопоставление имён пользователей, чтобы сменить имя пользователя операционной системы на имя пользователя БД. Чтобы задействовать сопоставление имён, укажите `map=имя-сопоставления` в поле параметров в `pg_hba.conf`. Этот параметр поддерживается для всех методов аутентификации, которые принимают внешние имена пользователей. Так как для разных подключений могут требоваться разные сопоставления, сопоставление определяется параметром `имя-сопоставления` в `pg_hba.conf` для каждого отдельного подключения.

Сопоставления имён пользователя определяются в файле сопоставления `ident`, который по умолчанию называется `pg_ident.conf` и хранится в каталоге данных кластера. (Файл сопоставления может быть помещён и в другое место, обратитесь к информации о настройке параметра `ident_file`.) Файл сопоставления `ident` содержит строки общей формы:

```
map-name system-username database-username
```

Комментарии и пробелы применяются так же, как и в файле `pg_hba.conf`. `map-name` является произвольным именем, на которое будет ссылаться файл сопоставления файла `pg_hba.conf`. Два других поля указывают имя пользователя операционной системы и соответствующее имя пользователя базы данных. Имя `map-name` может быть использовано неоднократно, чтобы указывать множественные сопоставления пользовательских имён в рамках одного файла сопоставления.

Нет никаких ограничений по количеству пользователей баз данных, на которые может ссылаться пользователь операционной системы, и наоборот. Тем не менее, записи в файле скорее подразумевают, что «пользователь этой операционной системы может подключиться как пользователь этой базы данных», нежели показывают, что эти имена пользователей эквивалентны. Подключение разрешается, если существует запись в файле сопоставления, соединяющая имя, полученное от внешней системы аутентификации, с именем пользователя базы данных, под которым пользователь хочет подключиться.

Если поле `system-username` начинается со знака (/), оставшаяся его часть рассматривается как регулярное выражение. (Подробнее синтаксис регулярных выражений PostgreSQL описан в Подразделе 9.7.3.1.) Регулярное выражение может включать в себя одну группу, или заключённое в скобки подвыражение, на которое можно сослаться в поле `database-username`, написав \1 (с одной обратной косой). Это позволяет сопоставить несколько имён пользователя с одной строкой, что особенно удобно для простых замен. Например, эти строки

```
mymap    /^(.*)@mydomain\.com$      \1
mymap    /^(.*)@otherdomain\.com$    guest
```

удалят часть домена для имён пользователей, которые заканчиваются на @mydomain.com, и позволят пользователям, чьё имя пользователя системы заканчивается на @otherdomain.com, подключиться как guest.

Подсказка

Помните, что по умолчанию, регулярное выражение может совпасть только с частью строки. Разумным выходом будет использование символов ^ и \$, как показано в примере выше, для принудительного совпадения со всем именем пользователя операционной системы

Файл pg_ident.conf читается при запуске системы, а также в тот момент, когда основной сервер получает сигнал SIGHUP. Если вы редактируете файл во время работы системы, необходимо послать сигнал процессу postmaster (используя pg_ctl reload или kill -HUP), чтобы он прочел обновленный файл.

Файл pg_ident.conf, который может быть использован в сочетании с файлом pg_hba.conf (см. Пример 20.1), показан в Примере 20.2. В этом примере любым пользователям компьютеров в сети 192.168 с именами, отличными от bryanh, ann или robert, будет отказано в доступе. Пользователь системы robert получит доступ только тогда, когда подключается как пользователь PostgreSQL bob, а не как robert, или какой-либо другой пользователь. Пользователь ann сможет подключиться только как ann. Пользователь bryanh сможет подключиться как bryanh или как guest1.

Пример 20.2. Пример файла pg_ident.conf

# MAPNAME	SYSTEM-USERNAME	PG-USERNAME
omicron	bryanh	bryanh
omicron	ann	ann
# на этих машинах bob может подключаться как robert		
omicron	robert	bob
# bryanh также может подключаться как guest1		
omicron	bryanh	guest1

20.3. Методы аутентификации

Более подробно методы аутентификации рассматриваются в следующих разделах.

20.4. Аутентификация trust

Когда указан способ аутентификации trust, PostgreSQL предполагает, что любой подключающийся к серверу авторизован для доступа к базе данных вне зависимости от указанного имени пользователя базы данных (даже если это имя суперпользователя). Конечно, ограничения, прописанные в столбцах база и пользователь, продолжают работать. Этот метод должен применяться только в том случае, когда на уровне операционной системы обеспечена адекватная защита от подключений к серверу.

Аутентификация trust очень удобна для локальных подключений на однопользовательской рабочей станции. Но сам по себе этот метод обычно не подходит для машин с несколькими пользователями. Однако вы можете использовать trust даже на многопользовательской машине, если ограничите доступ к файлу Unix-сокета сервера на уровне файловой системы. Для этого установите конфигурационные параметры unix_socket_permissions (и, возможно, unix_socket_group) как описано в Разделе 19.3. Либо вы можете установить конфигурационный параметр unix_socket_directories, чтобы разместить файл сокета в должным образом защищённом каталоге.

Установка разрешений на уровне файловой системы помогает только в случае подключений через Unix-сокеты. На локальные подключения по TCP/IP ограничения файловой системы не влияют. Поэтому, если вы хотите использовать разрешения файловой системы для обеспечения локальной безопасности, уберите строку `host ... 127.0.0.1 ...` из `pg_hba.conf` или смените метод аутентификации.

Метод аутентификации `trust` для подключений по TCP/IP допустим только в случае, если вы доверяете каждому пользователю компьютера, получившему разрешение на подключение к серверу строками файла `pg_hba.conf`, указывающими метод `trust`. Не стоит использовать `trust` для любых подключений по TCP/IP, отличных от `localhost` (127.0.0.1).

20.5. Аутентификация password

Существует несколько методов аутентификации по паролю. Они работают примерно одинаково, но различаются тем, как пароли пользователей хранятся на сервере и как пароль передаётся от клиента по каналу связи.

scram-sha-256

С методом `scram-sha-256` выполняется аутентификация SCRAM-SHA-256, как описано в *RFC 7677*. Она производится по схеме вызов-ответ, которая предотвращает перехват паролей через недоверенные соединения и поддерживает хранение паролей на сервере в виде криптографического хеша, что считается безопасным.

Это наиболее безопасный из существующих на данный момент методов, но он не поддерживается старыми клиентскими библиотеками.

md5

Для метода `md5` реализован менее безопасный механизм вызов-ответ. Он предотвращает перехват паролей и предусматривает хранение паролей на сервере в зашифрованном виде, но не защищает в случае похищения хешей паролей с сервера. Кроме того, алгоритм хеширования MD5 в наши дни уже может не защитить от целенаправленных атак.

Метод `md5` несовместим с функциональностью `db_user_namespace`.

Для облегчения перехода от метода `md5` к более новому методу SCRAM, если в качестве метода аутентификации в `pg_hba.conf` указан `md5`, но пароль пользователя на сервере зашифрован для SCRAM (см. ниже), автоматически будет производиться аутентификация на базе SCRAM.

password

С методом `password` пароль передаётся в открытом виде и поэтому является уязвимым для атак с перехватом трафика. Его следует избегать всегда, если это возможно. Однако, если подключение защищено SSL, метод `password` может быть безопасен. (Хотя аутентификация по сертификату SSL может быть лучшим выбором когда используется SSL).

Пароли баз данных PostgreSQL отделены от паролей пользователей операционной системы. Пароли всех пользователей базы данных хранятся в системном каталоге `pg_authid`. Управлять паролями можно либо используя SQL-команды `CREATE ROLE` и `ALTER ROLE`, например, **`CREATE ROLE foo WITH LOGIN PASSWORD 'secret'`**, либо с помощью команды `psql \password`. Если пароль для пользователя не задан, вместо него хранится `NULL`, и пройти аутентификацию по паролю этот пользователь не сможет.

Доступность различных методов аутентификации по паролю зависит от того, как пароли пользователей шифруются на сервере (или, говоря точнее, хешируются). Это определяется параметром конфигурации `password_encryption` в момент назначения пароля. Если пароль шифруется в режиме `scram-sha-256`, его можно будет использовать для методов аутентификации `scram-sha-256` и `password` (но в последнем случае он будет передаваться открытым текстом). В случае указания метода аутентификации `md5` при этом произойдёт автоматический переход к использованию `scram-sha-256`, как сказано выше, так что этот вариант тоже будет работать. Если пароль шифруется в

режиме `md5`, его можно будет использовать только для методов аутентификации `md5` и `password` (и в последнем случае он так же будет передаваться открытым текстом). (Ранние версии PostgreSQL поддерживали хранение паролей на сервере в открытом виде, но теперь это невозможно.) Чтобы просмотреть хранящиеся в БД хеши паролей, обратитесь к системному каталогу `pg_authid`.

Для перевода существующей инсталляции с `md5` на `scram-sha-256`, после того как все клиентские библиотеки будут обновлены до версий, поддерживающих SCRAM, задайте `password_encryption = 'scram-sha-256'` в `postgresql.conf`, добейтесь, чтобы все пользователи сменили свои пароли, а затем поменяйте указания метода аутентификации в `pg_hba.conf` на `scram-sha-256`.

20.6. Аутентификация GSSAPI

GSSAPI является протоколом отраслевого стандарта для безопасной авторизации, определённым в RFC 2743. PostgreSQL поддерживает GSSAPI с Kerberos аутентификацией с соответствии с RFC 1964. GSSAPI обеспечивает автоматическую аутентификацию (single sign-on), для систем, которые её поддерживают. Сама по себе аутентификация безопасна, но данные, отсылаемые в ходе подключения к базе данных, не защищены, если не используется SSL.

Поддержка GSSAPI должна быть включена при сборке PostgreSQL; за дополнительными сведениями обратитесь к Главе 16.

При работе с Kerberos GSSAPI использует стандартные учётные записи в формате `servicename/hostname@realm`. Сервер PostgreSQL примет любого принцепала, включённого в используемый сервером файл таблицы ключей, но необходимо проявить осторожность в указании корректных деталей принцепала в ходе соединения с клиентом, применяющим параметр подключения `krbsrvname`. (См. также Подраздел 34.1.2.) Значение имени сервиса по умолчанию `postgres` может быть изменено во время сборки с помощью `./configure --with-krb-srvnam=whatever`. В большинстве сред изменять данный параметр не требуется. Однако некоторые реализации Kerberos могут потребовать иного имени сервиса, например, Microsoft Active Directory требует, чтобы имя сервиса было набрано заглавными буквами (`POSTGRES`).

`hostname` здесь — это полное доменное имя компьютера, где работает сервер. Областью субъекта-службы является предпочитаемая область данного компьютера.

Принципалы клиентов могут быть сопоставлены с различными именами пользователей баз данных PostgreSQL в `pg_ident.conf`. Например, принципалу `pgusername@realm` может быть сопоставлено просто `pgusername`. Так же возможно использовать в качестве имени роли в PostgreSQL полное имя принцепала `username@realm` без какого-либо сопоставления.

PostgreSQL также поддерживает возможность убирать область из имени принцепала. Эта возможность оставлена для обратной совместимости и использовать её крайне нежелательно, так как при этом оказывается невозможно различить разных пользователей, имеющих одинаковые имена, но приходящих из разных областей. Чтобы включить её, установите для `include_realm` значение 0. В простых конфигурациях с одной областью исключение области в сочетании с параметром `krb_realm` (который позволяет ограничить область пользователя одним значением, заданным в `krb_realm parameter`) будет безопасным, но менее гибким вариантом по сравнению с явным описанием сопоставлений в `pg_ident.conf`.

Убедитесь, что файл ключей вашего сервера доступен для чтения (и желательно недоступен для записи) учётной записи сервера PostgreSQL. (См. также Раздел 18.1.) Расположение этого файла ключей указывается параметром `krb_server_keyfile`. По умолчанию это `/usr/local/pgsql/etc/krb5.keytab` (каталог может быть другим, в зависимости от значения `sysconfdir` при сборке). Из соображений безопасности рекомендуется использовать отдельный файл `keytab` для сервера PostgreSQL, а не открывать доступ к общесистемному файлу.

Файл таблицы ключей генерируется программным обеспечением Kerberos; подробнее это описано в документации Kerberos. Следующий пример для MIT-совместимых реализаций Kerberos 5:

```
kadmin% ank -randkey postgres/server.my.domain.org
kadmin% ktadd -k krb5.keytab postgres/server.my.domain.org
```

При подключении к базе данных убедитесь, что у вас есть разрешение на сопоставление принципа с именем пользователя базы данных. Например, для имени пользователя базы данных `fred`, принципал `fred@EXAMPLE.COM` сможет подключиться. Чтобы дать разрешение на подключение принципалу `fred/users.example.com@EXAMPLE.COM`, используйте файл сопоставления имён пользователей, как описано в Разделе 20.2.

Для метода GSSAPI доступны следующие параметры конфигурации:

`include_realm`

Когда этот параметр равен 0, из принципа аутентифицированного пользователя убирается область, и оставшееся имя проходит сопоставление имён (см. Раздел 20.2). Этот вариант не рекомендуется и поддерживается в основном для обратной совместимости, так как он небезопасен в окружениях с несколькими областями, если только дополнительно не задаётся `krb_realm`. Более предпочтительный вариант — оставить значение `include_realm` по умолчанию (1) и задать в `pg_ident.conf` явное сопоставление для преобразования имён принципалов в имена пользователей PostgreSQL.

`map`

Разрешает сопоставление имён пользователей системы и пользователей баз данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2. Для принципа GSSAPI/Kerberos, такого как `username@EXAMPLE.COM` (или более редкого `username/hostbased@EXAMPLE.COM`), именем пользователя в сопоставлении будет `username@EXAMPLE.COM` (или `username/hostbased@EXAMPLE.COM`, соответственно), если `include_realm` не равно 0; в противном случае именем системного пользователя в сопоставлении будет `username` (или `username/hostbased`).

`krb_realm`

Устанавливает область, с которой будут сверяться имена принципалов пользователей. Если этот параметр задан, подключаться смогут только пользователи из этой области. Если не задан, подключаться смогут пользователи из любой области, в зависимости от установленного сопоставления имён пользователей.

20.7. Аутентификация SSPI

SSPI — технология Windows для защищённой аутентификации с единственным входом. PostgreSQL использует SSPI в режиме `negotiate`, который применяет Kerberos, когда это возможно, и автоматически возвращается к NTLM в других случаях. Аутентификация SSPI работает только, когда и сервер, и клиент работают на платформе Windows, или, на не-Windows платформах, если доступен GSSAPI.

Если используется аутентификация Kerberos, SSPI работает так же, как GSSAPI; подробнее об этом рассказывается в Разделе 20.6.

Для SSPI доступны следующие параметры конфигурации:

`include_realm`

Когда этот параметр равен 0, из принципа аутентифицированного пользователя убирается область, и оставшееся имя проходит сопоставление имён (см. Раздел 20.2). Этот вариант не рекомендуется и поддерживается в основном для обратной совместимости, так как он небезопасен в окружениях с несколькими областями, если только дополнительно не задаётся `krb_realm`. Более предпочтительный вариант — оставить значение `include_realm` по умолчанию (1) и задать в `pg_ident.conf` явное сопоставление для преобразования имён принципалов в имена пользователей PostgreSQL.

`compat_realm`

Если равен 1, для параметра `include_realm` применяется имя домена, совместимое с SAM (также известное как имя NetBIOS). Это вариант по умолчанию. Если он равен 0, для имени принципа Kerberos применяется действительное имя области.

Этот параметр можно отключить, только если ваш сервер работает под именем доменного пользователя (в том числе, виртуального пользователя службы на компьютере, включённом в домен) и все клиенты, проходящие проверку подлинности через SSPI, также используют доменные учётные записи; в противном случае аутентификация не будет выполнена.

`upn_username`

Если этот параметр включён вместе с `compat_realm`, для аутентификации применяется имя Kerberos UPN. Если он отключён (по умолчанию), применяется SAM-совместимое имя пользователя. По умолчанию у новых учётных записей эти два имени совпадают.

Заметьте, что `libpq` использует имя, совместимое с SAM, если имя не задано явно. Если вы применяете `libpq` или драйвер на его базе, этот параметр следует оставить отключённым, либо явно задавать имя пользователя в строке подключения.

`map`

Позволяет сопоставить пользователей системы с пользователями баз данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2. Для принципа SSPI/Kerberos, такого как `username@EXAMPLE.COM` (или более редкого `username/hostbased@EXAMPLE.COM`), именем пользователя в сопоставлении будет `username@EXAMPLE.COM` (или `username/hostbased@EXAMPLE.COM`, соответственно), если `include_realm` не равно 0; в противном случае именем системного пользователя в сопоставлении будет `username` (или `username/hostbased`).

`krb_realm`

Устанавливает область, с которой будут сверяться имена принципалов пользователей. Если этот параметр задан, подключаться смогут только пользователи из этой области. Если не задан, подключаться смогут пользователи из любой области, в зависимости от установленного сопоставления имён пользователей.

20.8. Аутентификация Ident

Метод аутентификации `ident` работает, получая имя пользователя операционной системы клиента от сервера `Ident` и используя его в качестве разрешённого имени пользователя базы данных (с возможным сопоставлением имён пользователя). Способ доступен только для подключений по TCP/IP.

Примечание

Когда для локального подключения (не TCP/IP) указан `ident`, вместо него используется метод аутентификации `peer` (см. Раздел 20.9).

Для метода `ident` доступны следующие параметры конфигурации:

`map`

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

Протокол «Identification» (`Ident`) описан в RFC 1413. Практически каждая Unix-подобная операционная система поставляется с сервером `Ident`, по умолчанию слушающим TCP-порт 113. Базовая функция этого сервера — отвечать на вопросы, вроде «Какой пользователь инициировал подключение, которое идет через твой порт *x* и подключается к моему порту *y*?». Поскольку после установления физического подключения PostgreSQL знает и *x*, и *y*, он может опрашивать сервер `Ident` на компьютере клиента и теоретически может определять пользователя операционной системы при каждом подключении.

Недостатком этой процедуры является то, что она зависит от интеграции с клиентом: если клиентская машина не вызывает доверия или скомпрометирована, злоумышленник может запустить

любую программу на порту 113 и вернуть любое имя пользователя на свой выбор. Поэтому этот метод аутентификации подходит только для закрытых сетей, где каждая клиентская машина находится под жёстким контролем и где администраторы операционных систем и баз данных работают в тесном контакте. Другими словами, вы должны доверять машине, на которой работает сервер Ident. Помните предупреждение:

Протокол Ident не предназначен для использования как протокол авторизации и контроля доступа.

—RFC 1413

У некоторых серверов Ident есть нестандартная возможность, позволяющая зашифровать возвращаемое имя пользователя, используя ключ, который известен только администратору исходного компьютера. Эту возможность *нельзя* использовать с PostgreSQL, поскольку PostgreSQL не сможет расшифровать возвращаемую строку и получить фактическое имя пользователя.

20.9. Аутентификация peer

Метод аутентификации peer работает, получая имя пользователя операционной системы клиента из ядра и используя его в качестве разрешённого имени пользователя базы данных (с возможностью сопоставления имён пользователя). Этот метод поддерживается только для локальных подключений.

Для метода peer доступны следующие параметры конфигурации:

map

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

Аутентификация peer доступна только в операционных системах, поддерживающих функцию `getpeereid()`, параметр сокета `SO_PEERCREC` или подобные механизмы. В настоящее время это Linux, большая часть разновидностей BSD, включая macOS, и Solaris.

20.10. Аутентификация LDAP

Данный метод аутентификации работает сходным с методом `password` образом, за исключением того, что он использует LDAP как метод подтверждения пароля. LDAP используется только для подтверждения пары "имя пользователя/пароль". Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных до того, как для аутентификации будет использован LDAP.

Аутентификация LDAP может работать в двух режимах. Первый режим называется простое связывание. В ходе аутентификации сервер связывается с характерным именем, составленным следующим образом: *prefix username suffix*. Обычно, параметр *prefix* используется для указания `cn=` или `DOMAIN\` в среде Active Directory. *suffix* используется для указания оставшейся части DN или в среде, отличной от Active Directory.

Во втором режиме, который мы называем поиск+связывание, сервер сначала связывается с каталогом LDAP с предопределённым именем пользователя и паролем, указанным в `ldapbinddn` и `ldapbindpasswd`, и выполняет поиск пользователя, пытающегося подключиться к базе данных. Если имя пользователя и пароль не определены, сервер пытается связаться с каталогом анонимно. Поиск выполняется в поддереве `ldapbasedn`, при этом проверяется точное соответствие имени пользователя атрибуту `ldapsearchattribute`. Как только при поиске находится пользователь, сервер отключается и заново связывается с каталогом уже как этот пользователь, с паролем, переданным клиентом, чтобы удостовериться, что учётная запись корректна. Этот же режим используется в схемах LDAP-аутентификации в другом программном обеспечении, например, в `ram_ldap` и `mod_authnz_ldap` в Apache. Данный вариант даёт больше гибкости в выборе расположения объектов пользователей, но при этом требует дважды подключаться к серверу LDAP.

В обоих режимах используются следующие параметры конфигурации:

`ldapserver`

Имена и IP-адреса LDAP-серверов для связи. Можно указать несколько серверов, разделяя их пробелами.

`ldapport`

Номер порта для связи с LDAP-сервером. Если порт не указан, используется установленный по умолчанию порт библиотеки LDAP.

`ldapscheme`

Значение `ldaps` выбирает протокол LDAPS. Это нестандартный способ использования LDAP поверх SSL, поддерживаемый некоторыми серверами LDAP. Альтернативную возможность предоставляет параметр `ldaptls`.

`ldaptls`

Значение 1 включает TLS-шифрование для защиты соединения PostgreSQL с LDAP-сервером. При этом используется операция `StartTLS`, описанная в RFC 4513. Альтернативную возможность предоставляет параметр `ldapscheme`.

Заметьте, что при использовании `ldapscheme` или `ldaptls` шифруется только трафик между сервером PostgreSQL и сервером LDAP. Соединение между сервером PostgreSQL и клиентом остаётся незашифрованным, если только и для него не включён SSL.

Следующие параметры используются только в режиме простого связывания:

`ldapprefix`

Эта строка подставляется перед именем пользователя во время формирования DN для связывания при аутентификации в режиме простого связывания.

`ldapsuffix`

Эта строка размещается после имени пользователя во время формирования DN для связывания, при аутентификации в режиме простого связывания.

Следующие параметры используются только в режиме поиск+связывание:

`ldapbasedn`

Корневая папка DN для начала поиска пользователя при аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapbinddn`

DN пользователя для связи с каталогом при выполнении поиска в ходе аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapbindpasswd`

Пароль пользователя для связывания с каталогом при выполнении поиска в ходе аутентификации в режиме поиск+связывание.

`ldapsearchattribute`

Атрибут для соотнесения с именем пользователя в ходе аутентификации поиск+связывание. Если атрибут не указан, будет использован атрибут `uid`.

`ldapsearchfilter`

Фильтр поиска, используемый для аутентификации в режиме поиск+связывание. Вхождения `$username` в нём будут заменяться именем пользователя. Это позволяет задавать более гибкие фильтры поиска, чем `ldapsearchattribute`.

ldapurl

Адрес LDAP по стандарту RFC 4516. Это альтернативный способ записи некоторых других параметров LDAP в более компактном и стандартном виде. Формат адреса таков:

```
ldap[s]://сервер[:порт]/basedn[?[атрибут][?[scope][?[фильтр]]]
```

Здесь *scope* принимает значение *base*, *one* или *sub* (обычно последнее). По умолчанию подразумевается *base*, что не очень полезно при таком применении. В качестве *атрибута* может указываться один атрибут; в этом случае он используется как значение параметра *ldapsearchattribute*. Если *атрибут* не указан, в качестве значения *ldapsearchfilter* может использоваться *фильтр*.

Схема адреса *ldaps* выбирает для установления LDAP-подключений поверх SSL метод LDAPS, что равнозначно указанию *ldapscheme=ldaps*. Для применения шифрования LDAP с использованием операции *StartTLS* используйте обычную схему URL *ldap* и укажите параметр *ldaptls* в дополнение к *ldapurl*.

Для неанонимного связывания *ldapbinddn* и *ldapbindpasswd* должны быть указаны как отдельные параметры.

В настоящее время URL-адреса LDAP поддерживаются только с OpenLDAP, не в Windows.

Нельзя путать параметры конфигурации для режима простого связывания с параметрами для режима поиск+связывание, это ошибка.

В режиме поиск+связывание поиск может выполняться либо по одному атрибуту, указанному в *ldapsearchattribute*, либо по произвольному фильтру поиска, заданному в *ldapsearchfilter*. Указание *ldapsearchattribute=foo* равнозначно указанию *ldapsearchfilter="(foo=\$username)"*. Если не указан ни один параметр, по умолчанию подразумевается *ldapsearchattribute=uid*.

Это пример конфигурации LDAP для простого связывания:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapprefix="cn=" ldapsuffix=", dc=example, dc=net"
```

Когда запрашивается подключение к серверу базы данных в качестве пользователя базы данных *someuser*, PostgreSQL пытается связаться с LDAP-сервером, используя DN *cn=someuser, dc=example, dc=net* и пароль, предоставленный клиентом. Если это подключение удалось, то доступ к базе данных будет открыт.

Пример конфигурации для режима поиск+связывание:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapbasedn="dc=example, dc=net" ldapsearchattribute=uid
```

Когда запрашивается подключение к серверу базы данных в качестве пользователя базы данных *someuser*, PostgreSQL пытается связаться с сервером LDAP анонимно (поскольку *ldapbinddn* не был указан), выполняет поиск для (*uid=someuser*) под указанной базой DN. Если запись найдена, проводится попытка связывание с использованием найденной информации и паролем, предоставленным клиентом. Если вторая попытка подключения проходит успешно, предоставляется доступ к базе данных.

Пример той же конфигурации для режима поиск+связывание, но записанной в виде URL:

```
host ... ldap ldapurl="ldap://ldap.example.net/dc=example,dc=net?uid?sub"
```

Такой URL-формат используется и другим программным обеспечением, поддерживающим аутентификацию по протоколу LDAP, поэтому распространять такую конфигурацию будет легче.

Пример конфигурации поиск+связывание, в котором *ldapsearchfilter* используется вместо *ldapsearchattribute* для прохождения аутентификации по идентификатору или почтовому адресу пользователя:

```
host ... ldap ldapserver=ldap.example.net ldapbasedn="dc=example, dc=net"  
ldapsearchfilter="( | (uid=$username) (mail=$username) ) "
```

Подсказка

Поскольку LDAP часто применяет запятые и пробелы для разделения различных частей DN, необходимо использовать кавычки при определении значения параметров, как показано в наших примерах.

20.11. Аутентификация RADIUS

Данный метод аутентификации работает сходным с методом `password` образом, за исключением того, что он использует RADIUS как метод проверки пароля. RADIUS используется только для подтверждения пары имя пользователя/пароль. Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных до того, как для аутентификации будет использован RADIUS.

В ходе аутентификации RADIUS настроенному RADIUS-серверу посылается запрос доступа. Это сообщение типа Только Аутентификация, которое включает в себя параметры имя пользователя, пароль (зашифрованный) и идентификатор NAS. Запрос зашифровывается с использованием общего с сервером секрета. RADIUS-сервер отвечает на запрос сервера либо Доступ принят, либо Доступ отклонён. Система ведения учёта RADIUS не поддерживается.

Указать можно адреса нескольких серверов RADIUS, тогда они будут перебираться по очереди. В случае получения от любого сервера отрицательного ответа произойдёт сбой аутентификации. Если ответ не будет получен, последует попытка подключения к следующему серверу в списке. Чтобы задать имена нескольких серверов, заключите их в кавычки и разделите запятыми. Если указывается несколько серверов, все остальные параметры RADIUS так же должны записываться в списке через запятую, чтобы каждый сервер получил собственное значение. Возможно также задавать их единственным значением, в этом случае это значение будет применяться ко всем серверам.

Для метода RADIUS доступны следующие параметры конфигурации:

`radiusservers`

Имена или IP-адреса серверов RADIUS для подключения. Это обязательный параметр.

`radiussecrets`

Общие секреты, используемые при общении с сервером RADIUS. Секрет должен быть одинаковым на серверах PostgreSQL и RADIUS. Рекомендуется использовать строку как минимум из 16 символов. Это обязательный параметр.

Примечание

Шифровальный вектор будет достаточно эффективен только в том случае, если PostgreSQL собран с поддержкой OpenSSL. В противном случае, передача данных серверу RADIUS будет лишь замаскированной, но не защищённой, поэтому необходимо принять дополнительные меры безопасности.

`radiusports`

Номер порта для подключения к серверам RADIUS. Если порт не указан, по умолчанию используется порт 1812.

`radiusidentifiers`

Строка, используемая в запросах сервера RADIUS как Идентификатор NAS. Этот параметр может использоваться как второй параметр, выявляющий, например, какой пользователь пыта-

ется подключиться под каким пользователем базы данных, что может быть использовано для формирования соответствий на сервере RADIUS. Если не указан идентификатор, по умолчанию используется `postgresql`.

20.12. Аутентификация по сертификату

Для аутентификации в рамках этого метода используется клиентский сертификат SSL, поэтому данный способ применим только для SSL-подключений. Когда используется этот метод, сервер потребует от клиента предъявления действительного и доверенного сертификата. Пароль у клиента не запрашивается. Атрибут `cn` (Обычное имя) сертификата сравнивается с запрашиваемым именем пользователя базы данных, и если они соответствуют, вход разрешается. Если `cn` отличается от имени пользователя базы данных, то может быть использовано сопоставление имён пользователей.

Для аутентификации по SSL сертификату доступны следующие параметры конфигурации:

`map`

Позволяет сопоставить имена пользователей системы и базы данных. За подробностями обратитесь к Разделу 20.2.

В записи `pg_hba.conf`, описывающей аутентификацию по сертификату, параметр `clientcert` предполагается равным 1, и его нельзя отключить, так как для этого метода клиентский сертификат является обязательным. Метод `cert` отличается от простой проверки пригодности сертификата `clientcert` только тем, что также проверяет, соответствует ли атрибут `cn` имени пользователя базы данных.

20.13. Аутентификация PAM

Данный метод аутентификации работает подобно методу `password`, но использует в качестве механизма проверки подлинности PAM (Pluggable Authentication Modules, Подключаемые модули аутентификации). По умолчанию имя службы PAM — `postgresql`. PAM используется только для проверки пар "имя пользователя/пароль" и может дополнительно проверять имя или IP-адрес удалённого компьютера. Поэтому пользователь должен уже существовать в базе данных, чтобы PAM можно было использовать для аутентификации. За дополнительной информацией о PAM обратитесь к *Странице описания Linux-PAM*.

Для аутентификации PAM доступны следующие параметры конфигурации:

`pamservice`

Имя службы PAM

`pam_use_hostname`

Указывает, предоставляется ли модулям PAM через поле `PAM_RHOST` IP-адрес либо имя удалённого компьютера. По умолчанию выдаётся IP-адрес. Установите в этом параметре 1, чтобы использовать имя узла. Разрешение имени узла может приводить к задержкам при подключении. (Обычно конфигурации PAM не задействуют эту информацию, так что этот параметр следует учитывать, только если создана специальная конфигурация, в которой он используется.)

Примечание

Если PAM настроен для чтения `/etc/shadow`, произойдёт сбой аутентификации, потому что сервер PostgreSQL запущен не пользователем `root`. Однако это не имеет значения, когда PAM настроен для использования LDAP или других методов аутентификации.

20.14. Аутентификация BSD

Данный метод аутентификации работает подобно методу `password`, но использует для проверки пароля механизм аутентификации BSD. Аутентификация BSD используется только для проверки пар "имя пользователя/пароль". Поэтому роль пользователя должна уже существовать в базе данных, чтобы эта аутентификация была успешной. Механизм аутентификации BSD в настоящее время может применяться только в OpenBSD.

Для аутентификации BSD в PostgreSQL применяется тип входа `auth-postgresql` и класс `postgresql`, если он определён в `login.conf`. По умолчанию этот класс входа не существует и PostgreSQL использует класс входа по умолчанию.

Примечание

Для использования аутентификации BSD необходимо сначала добавить учётную запись пользователя PostgreSQL (то есть, пользователя ОС, запускающего сервер) в группу `auth`. Группа `auth` существует в системах OpenBSD по умолчанию.

20.15. Проблемы аутентификации

Сбои и другие проблемы с аутентификацией обычно дают о себе знать через сообщения об ошибках, например:

```
FATAL: no pg_hba.conf entry for host "123.123.123.123", user "andym", database "testdb"
```

Это сообщение вы, скорее всего, получите, если сможете связаться с сервером, но он не захочет с вами общаться. В сообщении содержится предположение, что сервер отказывает вам в подключении, поскольку не может найти подходящую запись в файле `pg_hba.conf`.

```
FATAL: password authentication failed for user "andym"
```

Такое сообщение показывает, что вы связались с сервером, он готов общаться с вами, но только после того, как вы прошли авторизацию по методу, указанному в файле `pg_hba.conf`. Проверьте пароль, который вы вводите, и как настроен Kerberos или `ident`, если в сообщении упоминается один из этих типов аутентификации.

```
FATAL: user "andym" does not exist
```

Указанное имя пользователя базы данных не найдено.

```
FATAL: database "testdb" does not exist
```

База данных, к которой вы пытаетесь подключиться, не существует. Имейте в виду, что если вы не указали имя базы данных, по умолчанию берётся имя пользователя базы данных, что может приводить к ошибкам.

Подсказка

В журнале сервера может содержаться больше информации, чем в выдаваемых клиенту сообщениях об ошибке аутентификации, поэтому, если вас интересуют причины сбоя, проверьте журнал сервера.

Глава 21. Роли базы данных

PostgreSQL использует концепцию ролей (*roles*) для управления разрешениями на доступ к базе данных. Роль можно рассматривать как пользователя базы данных или как группу пользователей, в зависимости от того, как роль настроена. Роли могут владеть объектами базы данных (например, таблицами и функциями) и выдавать другим ролям разрешения на доступ к этим объектам, управляя тем, кто имеет доступ и к каким объектам. Кроме того, можно предоставить одной роли *членство* в другой роли, таким образом одна роль может использовать привилегии других ролей.

Концепция ролей включает в себя концепцию пользователей («users») и групп («groups»). До версии 8.1 в PostgreSQL пользователи и группы были отдельными сущностями, но теперь есть только роли. Любая роль может использоваться в качестве пользователя, группы, и того и другого.

В этой главе описывается как создавать и управлять ролями. Дополнительную информацию о привилегиях для ролей на различные объекты базы данных можно найти в Разделе 5.6.

21.1. Роли базы данных

Роли базы данных концептуально полностью отличаются от пользователей операционной системы. На практике поддержание соответствия между ними может быть удобным, но не является обязательным. Роли базы данных являются глобальными для всей установки кластера базы данных (не для отдельной базы данных). Для создания роли используется команда SQL CREATE ROLE:

```
CREATE ROLE имя;
```

Здесь *имя* соответствует правилам именования идентификаторов SQL: либо обычное, без специальных символов, либо в двойных кавычках. (На практике, к команде обычно добавляются другие указания, такие как LOGIN. Подробнее об этом ниже.) Для удаления роли используется команда DROP ROLE:

```
DROP ROLE имя;
```

Для удобства поставляются программы createuser и dropuser, которые являются обёртками для этих команд SQL и вызываются из командной строки оболочки ОС:

```
createuser имя
dropuser имя
```

Для получения списка существующих ролей, рассмотрите pg_roles системного каталога, например:

```
SELECT rolname FROM pg_roles;
```

Метакоманда \du программы psql также полезна для получения списка существующих ролей.

Для начальной настройки кластера базы данных, система сразу после инициализации всегда содержит одну предопределённую роль. Эта роль является суперпользователем («superuser») и по умолчанию (если не изменено при запуске initdb) имеет такое же имя, как и пользователь операционной системы, инициализирующий кластер баз данных. Обычно эта роль называется postgres. Для создания других ролей, вначале нужно подключиться с этой ролью.

Каждое подключение к серверу базы данных выполняется под именем конкретной роли и эта роль определяет начальные привилегии доступа для команд выполняемых в этом соединении. Имя роли для конкретного подключения к базе данных указывается клиентской программой характерным для неё способом, таким образом иницируя запрос на подключение. Например, программа psql для указания роли использует аргумент командной строки -U. Многие приложения предполагают, что по умолчанию нужно использовать имя пользователя операционной системы (включая createuser и psql). Поэтому часто бывает удобным поддерживать соответствие между именами ролей и именами пользователей операционной системы.

Список доступных для подключения ролей, который могут использовать клиенты, определяется конфигурацией аутентификации, как описывалось в Главе 20. (Поэтому, клиент не ограничен только ролью, соответствующей имени пользователя операционной системы, также как и имя для входа может не соответствовать реальному имени.) Так как роль определяет набор доступных привилегий, очень важно тщательно настраивать привилегии в многопользовательской среде.

21.2. Атрибуты ролей

Роль базы данных может иметь атрибуты, определяющие её полномочия и взаимодействие с системой аутентификации клиентов.

Право подключения

Только роли с атрибутом `LOGIN` могут использоваться для начального подключения к базе данных. Роль с атрибутом `LOGIN` можно рассматривать как пользователя базы данных. Для создания роли такой роли можно использовать любой из вариантов:

```
CREATE ROLE имя LOGIN;  
CREATE USER имя;
```

(Команда `CREATE USER` эквивалентна `CREATE ROLE` за исключением того, что `CREATE USER` по умолчанию включает атрибут `LOGIN`, в то время как `CREATE ROLE` — нет.)

Статус суперпользователя

Суперпользователь базы данных обходит все проверки прав доступа, за исключением права на вход в систему. Это опасная привилегия и она не должна использоваться небрежно. Лучше всего выполнять большую часть работы не как суперпользователь. Для создания нового суперпользователя используется `CREATE ROLE имя SUPERUSER`. Это нужно выполнить из под роли, которая также является суперпользователем.

Создание базы данных

Роль должна явно иметь разрешение на создание базы данных (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Для создания такой роли используется `CREATE ROLE имя CREATEDB`.

Создание роли

Роль должна явно иметь разрешение на создание других ролей (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Для создания такой роли используется `CREATE ROLE имя CREATEROLE`. Роль с привилегией `CREATEROLE` может также изменять и удалять другие роли, а также выдавать и отзывать членство в ролях. Однако, для создания, изменения, удаления суперпользовательских ролей, а также изменения в них членства, требуется иметь статус суперпользователя; привилегии `CREATEROLE` в таких случаях недостаточно.

Запуск репликации

Роль должна иметь явное разрешение на запуск потоковой репликации (за исключением суперпользователей, которые пропускают все проверки). Роль, используемая для потоковой репликации, также должна иметь атрибут `LOGIN`. Для создания такой роли используется `CREATE ROLE имя REPLICATION LOGIN`.

Пароль

Пароль имеет значение, если метод аутентификации клиентов требует, чтобы пользователи предоставляли пароль при подключении к базе данных. Методы аутентификации `password` и `md5` используют пароли. База данных и операционная система используют отдельные пароли. Пароль указывается при создании роли: `CREATE ROLE имя PASSWORD 'строка'`.

Атрибуты ролей могут быть изменены после создания командой `ALTER ROLE`. Более детальная информация в справке по командам `CREATE ROLE` и `ALTER ROLE`.

Подсказка

Рекомендуется создать роль с привилегиями `CREATEDB` и `CREATEROLE`, но не суперпользователя и в последующем использовать её для управления базами данных и ролями. Такой подход позволит избежать опасностей, связанных с использованием полномочий суперпользователя для задач, которые их не требуют.

На уровне ролей можно устанавливать многие конфигурационные параметры времени выполнения, описанные в Главе 19. Например, если по некоторым причинам всякий раз при подключении к базе данных требуется отключить использование индексов (подсказка: плохая идея) можно выполнить:

```
ALTER ROLE myname SET enable_indexscan TO off;
```

Установленное значение параметра будет сохранено (но не будет применено сразу). Для последующих подключений с этой ролью это будет выглядеть как выполнение команды `SET enable_indexscan TO off` перед началом сессии. Но это только значение по умолчанию, в течение сессии эту установку можно изменить. Для удаления установок на уровне ролей для параметров конфигурации используется `ALTER ROLE rolename RESET varname`. Обратите внимание, что установка параметров конфигурации на уровне роли без привилегии `LOGIN` лишено смысла, т. к. они никогда не будут применены,

21.3. Членство в роли

Часто бывает удобным сгруппировать пользователей для упрощения администрирования привилегий: привилегии выдаются или отзываются на всю группу. В PostgreSQL для этого создаётся роль, которая представляет группу, а затем членство (*membership*) в этой группе выдаётся ролям индивидуальных пользователей.

Для настройки групповой роли, сначала нужно создать саму роль:

```
CREATE ROLE имя;
```

Обычно групповая роль не имеет атрибута `LOGIN`, хотя при желании его можно установить.

После того как групповая роль создана, в неё можно добавлять или удалять членов, используя команды `GRANT` и `REVOKE`:

```
GRANT group_role TO role1, ... ;
REVOKE group_role FROM role1, ... ;
```

Можно выдавать членство в групповой роли другим групповым ролям (потому что в действительности нет никаких различий между групповыми и не групповыми ролями). База данных не позволит замкнуть предоставление членства по кругу. Также, не допускается выдача членства в роли для `PUBLIC`.

Члены групповой роли могут использовать её привилегии двумя способами. Во-первых, каждый член группы может явно выполнить `SET ROLE`, чтобы временно «стать» групповой ролью. В этом состоянии, сессия базы данных использует полномочия групповой роли, вместо оригинальной роли, под которой был выполнен вход в систему. При этом для всех создаваемых объектов базы данных владельцем считается групповая, а не оригинальная роль. Во-вторых, роли, имеющие атрибут `INHERIT`, автоматически используют привилегии всех ролей, членами которых они являются, в том числе и унаследованными этими ролями привилегиями. Например:

```
CREATE ROLE joe LOGIN INHERIT;
CREATE ROLE admin NOINHERIT;
CREATE ROLE wheel NOINHERIT;
GRANT admin TO joe;
GRANT wheel TO admin;
```

После подключения с ролью `joe`, сессия базы данных будет использовать полномочия выданные напрямую `joe` и привилегии выданные `admin`, так как `joe` "наследует" привилегии `admin`. Однако

привилегии выданные `wheel` не будут доступны, потому что, хотя `joe` неявно и является членом `wheel`, это членство получено через роль `admin`, которая имеет атрибут `NOINHERIT`. После выполнения команды:

```
SET ROLE admin;
```

сессия будет использовать только привилегии выданные `admin`, привилегии выданные `joe` не будут доступны. После выполнения команды:

```
SET ROLE wheel;
```

сессия будет использовать только привилегии выданные `wheel`, привилегии `joe` и `admin` не будут доступны. Начальный набор привилегий можно вернуть любой из команд:

```
SET ROLE joe;  
SET ROLE NONE;  
RESET ROLE;
```

Примечание

Команда `SET ROLE` в любой момент разрешает выбрать любую роль, прямым или косвенным членом которой является оригинальная роль, под которой был выполнен вход в систему. Поэтому, в примере выше, не обязательно сначала становиться `admin`, перед тем как стать `wheel`.

Примечание

В стандарте SQL есть чёткое различие между пользователями и ролями. При этом пользователи не наследуют автоматически привилегии, а роли наследуют автоматически. Такое поведение может быть получено в PostgreSQL, если для ролей, используемых как роли в стандарте SQL, устанавливать атрибут `INHERIT`, а для ролей, используемых как пользователи в стандарте SQL, устанавливать атрибут `NOINHERIT`. Однако, в PostgreSQL все роли по умолчанию имеют атрибут `INHERIT`. Это сделано для обратной совместимости с версиями предшествующими 8.1, в которых пользователи всегда могли использовать привилегии групп, членами которых они являются.

Атрибуты роли `LOGIN`, `SUPERUSER`, `CREATEDB` и `CREATEROLE` можно рассматривать как особые привилегии, но они никогда не наследуются, как обычные привилегии на объекты базы данных. Необходимо через `SET ROLE` установить роль, имеющую один из этих атрибутов, чтобы им воспользоваться. Продолжая предыдущий пример, можно установить атрибуты `CREATEDB` и `CREATEROLE` для роли `admin`. Затем при входе с ролью `joe`, получить доступ к этим привилегиям будет возможно только после выполнения `SET ROLE admin`.

Для удаления групповой роли используется `DROP ROLE`:

```
DROP ROLE имя;
```

Любое членство в групповой роли будет автоматически отозвано (в остальном на членов этой роли это никак не повлияет).

21.4. Удаление ролей

Так как роли могут владеть объектами баз данных и иметь права доступа к объектам других, удаление роли не сводится к немедленному действию `DROP ROLE`. Сначала должны быть удалены и переданы другим владельцами все объекты, принадлежащие роли; также должны быть отозваны все права, данные роли.

Владение объектами можно передавать в индивидуальном порядке, применяя команду `ALTER`, например:

```
ALTER TABLE bobs_table OWNER TO alice;
```

Кроме того, для переназначения какой-либо другой роли владения сразу всеми объектами, принадлежащих удаляемой роли, можно применить команду `REASSIGN OWNED`. Так как `REASSIGN OWNED` не может обращаться к объектам в других базах данных, её необходимо выполнить в каждой базе, которая содержит объекты, принадлежащие этой роли. (Заметьте, что первая такая команда `REASSIGN OWNED` изменит владельца для всех разделяемых между базами объектов, то есть для баз данных или табличных пространств, принадлежащих удаляемой роли.)

После того как все ценные объекты будут переданы новым владельцам, все оставшиеся объекты, принадлежащие удаляемой роли, могут быть удалены с помощью команды `DROP OWNED`. И эта команда не может обращаться к объектам в других базах данных, так что её нужно запускать в каждой базе, которая содержит объекты, принадлежащие роли. Также заметьте, что `DROP OWNED` не удаляет табличные пространства или базы данных целиком, так что это необходимо сделать вручную, если роли принадлежат базы или табличные пространства, не переданные новым владельцам.

`DROP OWNED` также удаляет все права, которые даны целевой роли для объектов, не принадлежащих ей. Так как `REASSIGN OWNED` такие объекты не затрагивает, обычно необходимо запустить и `REASSIGN OWNED`, и `DROP OWNED` (в этом порядке!), чтобы полностью ликвидировать зависимости удаляемой роли.

С учётом этого, общий рецепт удаления роли, которая владела объектами, вкратце таков:

```
REASSIGN OWNED BY doomed_role TO successor_role;
DROP OWNED BY doomed_role;
-- повторить предыдущие команды для каждой базы в кластере
DROP ROLE doomed_role;
```

Когда не все объекты нужно передать одному новому владельцу, лучше сначала вручную отработать исключения, а в завершение выполнить показанные выше действия.

При попытке выполнить `DROP ROLE` для роли, у которой сохраняются зависимые объекты, будут выданы сообщения, говорящие, какие объекты нужно передать другому владельцу или удалить.

21.5. Предопределённые роли

В PostgreSQL имеется набор предопределённых ролей, которые дают доступ к некоторым часто востребованным, но не общедоступным функциям и данным. Администраторы могут назначать (`GRANT`) эти роли пользователям и/или ролям в своей среде, таким образом открывая этим пользователям доступ к указанной функциональности и информации.

Имеющиеся предопределённые роли описаны в Таблице 21.1. Заметьте, что конкретные разрешения для каждой из предопределённых ролей в будущем могут изменяться по мере добавления дополнительной функциональности. Администраторы должны следить за этими изменениями, просматривая замечания к выпускам.

Таблица 21.1. Предопределённые роли

Роль	Разрешаемый доступ
<code>pg_read_all_settings</code>	Читать все конфигурационные переменные, даже те, что обычно видны только суперпользователям.
<code>pg_read_all_stats</code>	Читать все представления <code>pg_stat_*</code> и использовать различные расширения, связанные со статистикой, даже те, что обычно видны только суперпользователям.

Роль	Разрешаемый доступ
<code>pg_stat_scan_tables</code>	Выполнять функции мониторинга, которые могут устанавливать блокировки <code>ACCESS SHARE</code> в таблицах, возможно, на длительное время.
<code>pg_signal_backend</code>	Передавать сигналы другим обслуживающим процессам (например, отменять запрос, завершать процесс).
<code>pg_read_server_files</code>	Читать файлы в любом месте файловой системы, куда имеет доступ СУБД на сервере, выполняя <code>COPY</code> и другие функции работы с файлами.
<code>pg_write_server_files</code>	Записывать файлы в любом месте файловой системы, куда имеет доступ СУБД на сервере, выполняя <code>COPY</code> и другие функции работы с файлами.
<code>pg_execute_server_program</code>	Выполнять программы на сервере (от имени пользователя, запускающего СУБД), так же, как это делает команда <code>COPY</code> и другие функции, выполняющие программы на стороне сервера.
<code>pg_monitor</code>	Читать/выполнять различные представления и функции для мониторинга. Эта роль включена в роли <code>pg_read_all_settings</code> , <code>pg_read_all_stats</code> и <code>pg_stat_scan_tables</code> .

Роли `pg_read_server_files`, `pg_write_server_files` и `pg_execute_server_program` предназначены для того, чтобы администраторы могли выделить доверенные, но не имеющие права суперпользователей роли для доступа к файлам и запуска программ на сервере БД от имени пользователя, запускающего СУБД. Так как эти роли могут напрямую обращаться к любым файлам в файловой системе сервера, они обходят все проверки разрешений на уровне базы данных, а значит, воспользовавшись ими, можно получить права суперпользователя. Поэтому назначать их пользователям следует со всей осторожностью.

Роли `pg_monitor`, `pg_read_all_settings`, `pg_read_all_stats` и `pg_stat_scan_tables` созданы для того, чтобы администраторы могли легко настроить роль для мониторинга сервера БД. Эти роли наделяют своих членов набором общих прав, позволяющих читать различные полезные параметры конфигурации, статистику и другую системную информацию, что обычно доступно только суперпользователям.

Управлять членством в этих ролях следует осмотрительно, чтобы они использовались только по необходимости и только с пониманием, что они открывают доступ к закрытой информации.

Администраторы могут давать пользователям доступ к этим ролям, используя команду `GRANT`:

```
GRANT pg_signal_backend TO admin_user;
```

21.6. Безопасность функций

Функции, триггеры и политики защиты на уровне строк позволяют пользователям внедрять код в обслуживающие процессы, который может быть непреднамеренно выполнен другими пользователями. Таким образом эти механизмы позволяют пользователям запускать «троянский код» относительно просто. Лучшая защита от этого — строгое ограничение круга лиц, которые могут создавать объекты. Там где это невозможно, пишите запросы так, чтобы они ссылались только на объекты с доверенными владельцами. Удалите из `search_path` схему `public` и любые другие схемы, в которых могут создавать объекты недоверенные пользователи.

Функции выполняются внутри серверного процесса с полномочиями пользователя операционной системы, запускающего сервер базы данных. Если используемый для функций язык программирования разрешает неконтролируемый доступ к памяти, то это даёт возможность изменить внут-

рение структуры данных сервера. Таким образом, помимо всего прочего, такие функции могут обойти ограничения доступа к системе. Языки программирования, допускающие такой доступ, считаются «недоверенными» и создавать функции на этих языках PostgreSQL разрешает только суперпользователям.

Глава 22. Управление базами данных

Каждый работающий экземпляр сервера PostgreSQL обслуживает одну или несколько баз данных. Поэтому базы данных представляют собой вершину иерархии SQL-объектов («объектов базы данных»). Данная глава описывает свойства баз данных, процессы создания, управления и удаления.

22.1. Обзор

База данных — именованная коллекция объектов SQL («объектов базы данных»). В целом, каждый объект базы данных (таблицы, функции и т. д.) принадлежит одной и только одной базе данных. (Правда есть несколько системных каталогов, например, `pg_database`, которые принадлежат всему кластеру и доступны для каждой базы данных этого кластера.) Если точнее, база данных это набор схем, которые включают в себя таблицы, функции и т. д. Таким образом, полная иерархия включает в себя: сервер, базу данных, схему, таблицу (или иные типы объектов, к примеру, функции).

При подключении к серверу базы данных, клиент должен указать в параметрах подключения имя базы данных, с которой нужно соединиться. Одно соединение не может иметь доступ более чем к одной базе данных. Однако приложение не ограничено в количестве соединений к одной и той же или разным базам данных. Базы данных разделены физически и контроль доступа осуществляется на уровне соединения. В случае, когда один экземпляр сервера PostgreSQL обслуживает проекты или пользователей, которых необходимо изолировать друг от друга, рекомендуется размещать их в отдельных базах данных. В случае, когда проекты или пользователи взаимосвязаны и должны иметь возможность использовать общие ресурсы, они должны размещаться в одной базе данных, но, возможно, в отдельных схемах. Схемы — в чистом виде логическая структура, и кто к чему может получить доступ управляется системой привилегий. Более подробная информация по управлению схемами приведена в Разделе 5.8.

Базы данных создаются командой `CREATE DATABASE` (см. Раздел 22.2), а удаляются командой `DROP DATABASE` (см. Раздел 22.5). Список существующих баз данных можно посмотреть в системном каталоге `pg_database`, например,

```
SELECT datname FROM pg_database;
```

Метакоманда `\l` или ключ `-l` командной строки приложения `psql` также позволяют вывести список существующих баз данных.

Примечание

Стандарт SQL называет базы данных «каталогами», но на практике у них нет отличий.

22.2. Создание базы данных

Для создания базы данных сервер PostgreSQL должен быть развёрнут и запущен (см. Раздел 18.3).

База данных создаётся SQL-командой `CREATE DATABASE`:

```
CREATE DATABASE имя;
```

где *имя* подчиняется правилам именования идентификаторов SQL. Текущий пользователь автоматически назначается владельцем. Владелец может удалить свою базу, что также приведёт к удалению всех её объектов, в том числе, имеющих других владельцев.

Создание баз данных это привилегированная операция. Как предоставить права доступа, описано в Разделе 21.2.

Поскольку для выполнения команды `CREATE DATABASE` необходимо подключение к серверу базы данных, возникает вопрос как создать самую первую базу данных. Первая база данных всегда создаётся командой `initdb` при инициализации пространства хранения данных (см. Раздел 18.2.)

Эта база данных называется `postgres`. Далее для создания первой «обычной» базы данных можно подключиться к `postgres`.

Вторая база данных `template1`, также создаётся во время инициализации кластера. При каждом создании новой базы данных в рамках кластера по факту производится клонирование шаблона `template1`. При этом любые изменения сделанные в `template1` распространяются на все созданные впоследствии базы данных. Следует избегать создания объектов в `template1`, за исключением ситуации, когда их необходимо автоматически добавлять в новые базы. Более подробно в Разделе 22.3.

Для удобства, есть утилита командной строки для создания баз данных, `createdb`.

```
createdb dbname
```

Утилита `createdb` не делает ничего волшебного, она просто подключается к базе данных `postgres` и выполняет ранее описанную SQL-команду `CREATE DATABASE`. Подробнее о её вызове можно узнать в `createdb`. Обратите внимание, что команда `createdb` без параметров создаст базу данных с именем текущего пользователя.

Примечание

Глава 20 содержит информацию о том, как ограничить права на подключение к заданной базе данных.

Иногда необходимо создать базу данных для другого пользователя и назначить его владельцем, чтобы он мог конфигурировать и управлять ею. Для этого используйте одну из следующих команд:

```
CREATE DATABASE имя_базы OWNER имя_роли;
```

из среды SQL, или:

```
createdb -O имя_роли имя_базы
```

из командной строки ОС. Лишь суперпользователь может создавать базы данных для других (для ролей, членом которых он не является).

22.3. Шаблоны баз данных

По факту команда `CREATE DATABASE` выполняет копирование существующей базы данных. По умолчанию копируется стандартная системная база `template1`. Таким образом, `template1` это шаблон, на основе которого создаются новые базы. Если добавить объекты в `template1`, то впоследствии они будут копироваться в новые базы данных. Это позволяет внести изменения в стандартный набор объектов. Например, если в `template1` установить процедурный язык PL/Perl, то он будет доступен в новых базах без дополнительных действий.

Также существует вторая системная база `template0`. При инициализации она содержит те же самые объекты, что и `template1`, предопределённые в рамках устанавливаемой версии PostgreSQL. Не нужно вносить никаких изменений в `template0` после инициализации кластера. Если в команде `CREATE DATABASE` указать на необходимость копирования `template0` вместо `template1`, то на выходе можно получить «чистую» пользовательскую базу данных без изменений, внесённых в `template1`. Это удобно, когда производится восстановление из дампа данных с помощью утилиты `pg_dump`: скрипт дампа лучше выполнять в чистую базу, во избежание каких-либо конфликтов с объектами, которые могли быть добавлены в `template1`.

Другая причина, для копирования `template0` вместо `template1` заключается в том, что можно указать новые параметры локали и кодировку при копировании `template0`, в то время как для копий `template1` они не должны меняться. Это связано с тем, что `template1` может содержать данные в специфических кодировках и локалях, в отличие от `template0`.

Для создания базы данных на основе `template0`, используйте:

```
CREATE DATABASE dbname TEMPLATE template0;
```

из среды SQL, или:

```
createdb -T template0 dbname
```

из командной строки ОС.

Можно создавать дополнительные шаблоны баз данных, и, более того, можно копировать любую базу данных кластера, если указать её имя в качестве шаблона в команде `CREATE DATABASE`. Важно понимать, что это (пока) не рассматривается в качестве основного инструмента для реализации возможности «COPY DATABASE». Важным является то, что при копировании все сессии к копируемой базе данных должны быть закрыты. `CREATE DATABASE` выдаст ошибку, если есть другие подключения; во время операции копирования новые подключения к этой базе данных не разрешены.

В таблице `pg_database` есть два полезных флага для каждой базы данных: столбцы `datistemplate` и `dataallowconn`. `datistemplate` указывает на факт того, что база данных может выступать в качестве шаблона в команде `CREATE DATABASE`. Если флаг установлен, то для пользователей с правом `CREATEDB` клонирование доступно; если флаг не установлен, то лишь суперпользователь и владелец базы данных могут её клонировать. Если `dataallowconn` не установлен, то новые подключения к этой базе не допустимы (однако текущие сессии не закрываются при сбросе этого флага). База `template0` обычно помечена как `dataallowconn = false` для избежания любых её модификаций. И `template0`, и `template1` всегда должны быть помечены флагом `datistemplate = true`.

Примечание

`template1` и `template0` не выделены как-то особенно, кроме того факта, что `template1` используется по умолчанию в команде `CREATE DATABASE`. Например, можно удалить `template1` и безболезненно создать заново из `template0`. Это можно посоветовать в случае, если `template1` был замусорен. (Чтобы удалить `template1`, необходимо сбросить флаг `pg_database.datistemplate = false`.)

База данных `postgres` также создаётся при инициализации кластера. Она используется пользователями и приложениями для подключения по умолчанию. Представляет собой всего лишь копию `template1`, и может быть удалена и повторно создана при необходимости.

22.4. Конфигурирование баз данных

Обратившись к Главе 19 можно выяснить, что сервер PostgreSQL имеет множество параметров конфигурации времени исполнения. Можно выставить специфичные для базы данных значения по умолчанию.

Например, если по какой-то причине необходимо выключить GEQO оптимизатор в какой-то из баз, то можно, либо выключить его для всех баз данных одновременно, либо убедиться, что все клиенты заботятся об этом, выполняя команду `SET geqo TO off`. Для того чтобы это действовало по умолчанию в конкретной базе данных, необходимо выполнить команду:

```
ALTER DATABASE mydb SET geqo TO off;
```

Установка сохраняется, но не применяется тотчас. В последующих подключениях к этой базе данных, эффект будет таким, будто перед началом сессии была выполнена команда `SET geqo TO off`. Стоит обратить внимание, что пользователь по-прежнему может изменять этот параметр во время сессии; ведь это просто значение по умолчанию. Чтобы сбросить такое установленное значение, используйте `ALTER DATABASE dbname RESET varname`.

22.5. Удаление базы данных

Базы данных удаляются командой `DROP DATABASE`:


```
DROP DATABASE имя;
```

Лишь владелец базы данных или суперпользователь могут удалить базу. При удалении также удаляются все её объекты. Удаление базы данных это необратимая операция.

Невозможно выполнить команду `DROP DATABASE` пока существует хоть одно подключение к заданной базе. Однако можно подключиться к любой другой, в том числе и `template1`. `template1` может быть единственной возможностью при удалении последней пользовательской базы данных кластера.

Также существует утилита командной строки для удаления баз данных `dropdb`:

```
dropdb dbname
```

(В отличие от команды `createdb` утилита не использует имя текущего пользователя по умолчанию).

22.6. Табличные пространства

Табличные пространства в PostgreSQL позволяют администраторам организовать логику размещения файлов объектов базы данных в файловой системе. К однажды созданному табличному пространству можно обращаться по имени на этапе создания объектов.

Табличные пространства позволяют администратору управлять дисковым пространством для инсталляции PostgreSQL. Это полезно минимум по двум причинам. Во-первых, это нехватка места в разделе, на котором был инициализирован кластер и невозможность его расширения. Табличное пространство можно создать в другом разделе и использовать его до тех пор, пока не появится возможность переконфигурирования системы.

Во-вторых, табличные пространства позволяют администраторам оптимизировать производительность согласно бизнес-процессам, связанным с объектами базы данных. Например, часто используемый индекс можно разместить на очень быстром и надёжном, но дорогом SSD-диске. В то же время таблица с архивными данными, которые редко используются и скорость к доступу к ним не важна, может быть размещена в более дешёвом и медленном хранилище.

Предупреждение

Несмотря на внешнее размещение относительно основного каталога хранения данных PostgreSQL, табличные пространства являются неотъемлемой частью кластера и *не могут* трактоваться, как самостоятельная коллекция файлов данных. Они зависят от метаданных, расположенных в главном каталоге, и потому не могут быть подключены к другому кластеру, или копироваться по отдельности. Также, в случае потери табличного пространства (при удалении файлов, сбое диска и т. п.), кластер может оказаться недоступным или не сможет запуститься. Таким образом, при размещении табличного пространства во временной файловой системе, например, в RAM-диске, возникает угроза надёжности всего кластера.

Для создания табличного пространства используется команда `CREATE TABLESPACE`, например::

```
CREATE TABLESPACE fastspace LOCATION '/ssd1/postgresql/data';
```

Каталог должен существовать, быть пустым и принадлежать пользователю ОС, под которым запущен PostgreSQL. Все созданные впоследствии объекты, принадлежащие целевому табличному пространству, будут храниться в файлах расположенных в этом каталоге. Каталог не должен размещаться на съёмных или устройствах временного хранения, так как кластер может перестать функционировать из-за потери этого пространства.

Примечание

Обычно нет смысла создавать более одного пространства на одну логическую файловую систему, так как нет возможности контролировать расположение отдельных фай-

лов в файловой системе. Однако PostgreSQL не накладывает никаких ограничений в этом отношении, и более того, напрямую не заботится о точках монтирования файловой системы. Просто осуществляется хранение файлов в указанных каталогах.

Создавать табличное пространство должен суперпользователь базы данных, но после этого можно разрешить обычным пользователям его использовать. Для этого необходимо предоставить привилегию `CREATE` на табличное пространство.

Таблицы, индексы и целые базы данных могут храниться в отдельных табличных пространствах. Для этого пользователь с правом `CREATE` на табличное пространство должен указать его имя в качестве параметра соответствующей команды. Например, далее создаётся таблица в табличном пространстве `space1`:

```
CREATE TABLE foo(i int) TABLESPACE space1;
```

Как вариант, используйте параметр `default_tablespace`:

```
SET default_tablespace = space1;  
CREATE TABLE foo(i int);
```

Когда `default_tablespace` имеет значение отличное от пустой строки, он будет использоваться неявно в качестве значения параметра `TABLESPACE` в командах `CREATE TABLE` и `CREATE INDEX`, если в самой команде не задано иное.

Существует параметр `temp_tablespaces`, который указывает на размещение временных таблиц и индексов, а также файлов, создаваемых, например, при операциях сортировки больших наборов данных. Предпочтительнее, в качестве значения этого параметра, указывать не одно имя, а список из нескольких табличных пространств. Это поможет распределить нагрузку, связанную с временными объектами, по различным табличным пространствам. При каждом создании временного объекта будет случайным образом выбираться имя из указанного списка табличных пространств.

Табличное пространство, связанное с базой данных, также используется для хранения её системных каталогов. Более того, это табличное пространство используется по умолчанию для таблиц, индексов и временных файлов, создаваемых в базе данных, если не указано иное в выражении `TABLESPACE`, или переменной `default_tablespace`, или `temp_tablespaces` (соответственно). Если база данных создана без указания конкретного табличного пространства, то используется пространство, к которому принадлежит копируемый шаблон.

При инициализации кластера автоматически создаются два табличных пространства. Табличное пространство `pg_global` используется для общих системных каталогов. Табличное пространство `pg_default` используется по умолчанию для баз данных `template1` и `template0` (в свою очередь, также является пространством по умолчанию для других баз данных, пока не будет явно указано иное в выражении `TABLESPACE` команды `CREATE DATABASE`).

После создания, табличное пространство можно использовать в рамках любой базы данных, при условии, что у пользователя имеются необходимые права. Это означает, что табличное пространство невозможно удалить до тех пор, пока не будут удалены все объекты баз данных, использующих это пространство.

Для удаления пустого табличного пространства используйте команду `DROP TABLESPACE`.

Чтобы получить список табличных пространств можно сделать запрос к системному каталогу `pg_tablespace`, например,

```
SELECT spcname FROM pg_tablespace;
```

Метакоманда `\db` утилиты `psql` также позволяет отобразить список существующих табличных пространств.

PostgreSQL использует символические ссылки для упрощения реализации табличных пространств. Это означает, что табличное пространство могут использоваться *только* в системах, поддерживающих символические ссылки.

Каталог `$PGDATA/pg_tblspc` содержит символические ссылки, которые указывают на внешние табличные пространства кластера. Хотя и не рекомендуется, но возможно регулировать табличные пространства вручную, переопределяя эти ссылки. Ни при каких обстоятельствах эти операции нельзя проводить, пока запущен сервер баз данных. Обратите внимание, что в версии PostgreSQL 9.1 и более ранних также необходимо обновить информацию в `pg_tablespace` о новых расположениях. (Если это не сделать, то `pg_dump` будет продолжать выводить старые расположения табличных пространств.)

Глава 23. Локализация

Данная глава описывает доступные возможности локализации с точки зрения администратора. PostgreSQL поддерживает два средства локализации:

- Использование средств локализации операционной системы для обеспечения определяемых локалью порядка правил сортировки, форматирования чисел, перевода сообщений и прочих аспектов. Это рассматривается в Разделе 23.1 и Разделе 23.2.
- Обеспечение возможностей использования различных кодировок для хранения текста на разных языках и перевода кодировок между клиентом и сервером. Это рассматривается в Разделе 23.3.

23.1. Поддержка языковых стандартов

Поддержка *языковых стандартов* в приложениях относится к культурным предпочтениям, которые касаются алфавита, порядка сортировки, форматирования чисел и т. п. PostgreSQL использует соответствующие стандартам ISO C и POSIX возможности локали, предоставляемые операционной системой сервера. За дополнительной информацией обращайтесь к документации вашей системы.

23.1.1. Обзор

Поддержка локали автоматически инициализируется, когда кластер базы данных создаётся при помощи `initdb`. `initdb` инициализирует кластер баз данных по умолчанию с локалью из окружения выполнения. Поэтому, если ваша система уже использует локаль, которую вы хотите выбрать для вашего кластера баз данных, вам не требуется дополнительно совершать никаких действий. Если вы хотите использовать другую локаль (или вы точно не знаете, какая локаль используется в вашей системе), вы можете указать для `initdb` какую именно локаль использовать через задание параметра `--locale`. Например:

```
initdb --locale=ru_RU
```

Данный пример для Unix-систем задаёт русский язык (`ru`), на котором говорят в России (`RU`). Другими вариантами могут быть `en_US` (американский английский) и `fr_CA` (канадский французский). Если в языковом окружении может использоваться более одного набора символов, значение может принимать вид `language_territory.codeset`. Например, `fr_BE.UTF-8` обозначает французский язык (`fr`), на котором говорят в Бельгии (`BE`), с кодировкой UTF-8.

То, какие локали и под какими именами доступны на вашей системе, зависит от того, что было включено в операционную систему производителем и что из этого было установлено. В большинстве Unix-систем команда `locale -a` выведет список доступных локалей. Windows использует более развёрнутые имена локалей, такие как `German_Germany` или `Russian_Russia.1251`, но принципы остаются теми же.

Иногда целесообразно объединить правила из различных локалей, например, использовать английские правила сравнения и испанские сообщения. Для этой цели существует набор категорий локали, каждая из которых управляет только определёнными аспектами правил локализации:

LC_COLLATE	Порядок сортировки строк
LC_CTYPE	Классификация символов (Что представляет собой буква? Каков её эквивалент в верхнем регистре?)
LC_MESSAGES	Язык сообщений
LC_MONETARY	Форматирование валютных сумм
LC_NUMERIC	Форматирование чисел
LC_TIME	Форматирование даты и времени

Эти имена категорий `initdb` принимает в качестве имён соответствующих параметров, позволяющих переопределить выбор локали в определённой категории. Например, чтобы настроить локаль

на канадский французский, но при этом использовать американские правила форматирования денежных сумм, используйте `initdb --locale=fr_CA --lc-monetary=en_US`.

Если вы хотите, чтобы система работала без языковой поддержки, используйте специальное имя локали `C` либо эквивалентное ему `POSIX`.

Значения некоторых категорий локали должны быть заданы при создании базы данных. Вы можете использовать различные параметры локали для различных баз данных, но после создания базы вы уже не сможете изменить их для этой базы данных. `LC_COLLATE` и `LC_STYPE` являются этими категориями. Они влияют на порядок сортировки в индексах, поэтому они должны быть зафиксированы, иначе индексы на текстовых столбцах могут повредиться. (Однако, можно смягчить эти ограничения через задание правил сравнения, как это описано в разделе Раздел 23.2.) Значения по умолчанию для этих категорий определяются при запуске `initdb`, и эти значения используются при создании новых баз данных, если другие значения не указаны явно в команде `CREATE DATABASE`.

Прочие категории локали вы можете изменить в любое время, настроив параметры конфигурации сервера, которые имеют такое же имя как и категории локали (подробнее см. Подраздел 19.11.2). Значения, выбранные через `initdb`, фактически записываются лишь в файл конфигурации `postgresql.conf`, чтобы использоваться по умолчанию при запуске сервера. Если вы удалите эти значения из `postgresql.conf`, сервер получит соответствующие значения из своей среды выполнения.

Обратите внимание на то, что поведение локали сервера определяется переменными среды, установленными на стороне сервера, а не средой клиента. Таким образом, необходимо правильно сконфигурировать локаль перед запуском сервера. Если же клиент и сервер работают с разными локалями, то сообщения, возможно, будут появляться на разных языках в зависимости от того, где они возникают.

Примечание

Когда мы говорим о наследовании локали от среды выполнения, это означает следующее для большинства операционных систем: для определённой категории локали, к примеру, для правил сортировки, следующие переменные среды анализируются в приведённом ниже порядке до тех пор, пока одна из них не окажется заданной: `LC_ALL`, `LC_COLLATE` (или переменная, относящаяся к соответствующей категории), `LANG`. Если ни одна из этих переменных среды не задана, значение локали устанавливается по умолчанию в `C`.

Некоторые библиотеки локализации сообщений также обращаются к переменной среды `LANGUAGE`, которая заменяет все прочие параметры локализации при выборе языка сообщений. В случае затруднений, пожалуйста, воспользуйтесь документацией по вашей операционной системе, в частности, справкой по `gettext`.

Для того чтобы стал возможен перевод сообщений на язык, выбранный пользователем, `NLS` должен быть выбран на момент сборки (`configure --enable-nls`). В остальном поддержка локализации осуществляется автоматически.

23.1.2. Поведение

Локаль влияет на следующий функционал SQL:

- Порядок сортировки в запросах с использованием `ORDER BY` или стандартных операторах сравнения текстовых данных
- Функции `upper`, `lower`, и `initcap`
- Операторы поиска по шаблону (`LIKE`, `SIMILAR TO`, и регулярные выражения в стиле `POSIX`); локаль влияет как на поиск без учёта регистра, так и на классификацию знаков по классам символов регулярных выражений

- семейство функций `to_char`
- Возможность использовать индексы с предложениями `LIKE`

Недостатком использования отличающихся от `C` или `POSIX` локалей в PostgreSQL является влияние на производительность. Это замедляет обработку символов и мешает `LIKE` использовать обычные индексы. По этой причине используйте локали только в том случае, если они действительно вам нужны.

В качестве обходного решения, которое позволит PostgreSQL пользоваться индексами с предложениями `LIKE` с использованием локали, отличной от `C`, существует несколько классов пользовательских операторов. Они позволяют создать индекс, который выполняет строгое посимвольное сравнение, игнорируя правила сравнения, соответствующие локали. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 11.9. Ещё один подход заключается в создании индексов с помощью правил сортировки `C`, как было сказано в Разделе 23.2.

23.1.3. Проблемы

Если поддержка локализации не работает в соответствии с объяснением, данным выше, проверьте, насколько корректна конфигурация поддержки локализации в вашей операционной системе. Чтобы проверить, какие локали установлены на вашей системе, вы можете использовать команду `locale -a`, если ваша операционная система поддерживает это.

Проверьте, действительно ли PostgreSQL использует локаль, которую вы подразумеваете. Параметры `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE` определяются при создании базы данных, и не могут быть изменены, за исключением случаев, когда создаётся новая база данных. Прочие параметры локали, включая `LC_MESSAGES` и `LC_MONETARY` первоначально определены средой, в которой запускается сервер, но могут быть оперативно изменены. Вы можете проверить текущие параметры локали с помощью команды `SHOW`.

Каталог `src/test/locale` в комплекте файлов исходного кода содержит набор тестов для поддержки локализации PostgreSQL.

Клиентские приложения, которые обрабатывают ошибки сервера, разбирая текст сообщения об ошибке, очевидно, столкнутся с проблемами, когда сообщения сервера будут на другом языке. Авторам таких приложений рекомендуется пользоваться системой кодов ошибок в качестве альтернативы.

Для поддержки наборов переводов сообщений требуется постоянная работа большого числа волонтеров, которые хотят, чтобы в PostgreSQL правильно использовался предпочитаемый ими язык. Если в настоящее время сообщения на вашем языке недоступны или переведены не полностью, будем благодарны вам за содействие. Если вы хотите помочь, обратитесь к Главе 55 или напишите на адрес рассылки разработчиков.

23.2. Поддержка правил сортировки

Правила сортировки позволяют устанавливать порядок сортировки и особенности классификации символов в отдельных столбцах или даже при выполнении отдельных операций. Это смягчает последствия того, что параметры базы данных `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE` невозможно изменить после её создания.

23.2.1. Основные понятия

Концептуально, каждое выражение с типом данных, к которому применяется сортировка, имеет правила сортировки. (Встроенными сортируемыми типами данных являются `text`, `varchar`, и `char`. Типы, определяемые в базе пользователем, могут также быть отмечены как сортируемые, и, конечно, домен на основе сортируемого типа данных является сортируемым.) Если выражение содержит ссылку на столбец, правила сортировки выражения определяются правилами сортировки столбца. Если выражение — константа, правилами сортировки являются стандартные правила для типа данных константы. Правила сортировки более сложных выражений являются производной от правил сортировки входящих в него частей, как описано ниже.

Правилами сортировки выражения могут быть правила сортировки «по умолчанию», что означает использование параметров локали, установленных для базы данных. Также возможно, что правила сортировки выражения могут не определиться. В таких случаях операции упорядочивания и другие операции, для которых необходимы правила сортировки, завершатся с ошибкой.

Когда база данных должна выполнить упорядочивание или классификацию символов, она использует правила сортировки выполняемого выражения. Это происходит, к примеру, с предложениями `ORDER BY` и такими вызовами функций или операторов как `<`. Правила сортировки, которые применяются в предложении `ORDER BY`, это просто правила ключа сортировки. Правила сортировки, применяемые к вызову функции или оператора, определяются их параметрами, как описано ниже. В дополнение к операциям сравнения, правила сортировки учитываются функциями, преобразующими регистр символов, такими как `lower`, `upper`, и `initcap`; операторами поиска по шаблону; и функцией `to_char` и связанными с ней.

При вызове функции или оператора правило сортировки определяется в зависимости от того, какие правила заданы для аргументов во время выполнения данной операции. Если результатом вызова функции или оператора является сортируемый тип данных, правила сортировки также используются во время разбора как определяемые правила сортировки функции или выражения оператора, в случае, если для внешнего выражения требуется знание правил сортировки.

Определение правил сортировки выражения может быть неявным или явным. Это отличие влияет на то, как комбинируются правила сортировки, когда несколько разных правил появляются в выражении. Явное определение правил сортировки возникает, когда используется предложение `COLLATE`; все прочие варианты являются неявными. Когда необходимо объединить несколько правил сортировки, например, в вызове функции, используются следующие правила:

1. Если для одного из выражений-аргументов правило сортировки определено явно, то и для других аргументов явно задаваемое правило должно быть тем же, иначе возникнет ошибка. В случае присутствия явного определения правила сортировки, оно становится результирующим для всей операции.
2. В противном случае все входные выражения должны иметь одни и те же неявно определяемые правила сортировки или правила сортировки по умолчанию. Если присутствуют какие-либо правила сортировки, отличные от заданных по умолчанию, получаем результат комбинации правил сортировки. Иначе результатом станут правила сортировки, заданные по умолчанию.
3. Если среди входных выражений есть конфликтующие неявные правила сортировки, отличные от заданных по умолчанию, тогда комбинация рассматривается как имеющая неопределённые правила сортировки. Это не является условием возникновения ошибки, если вызываемой конкретной функции не требуются данные о правилах сортировки, которые ей следует применить. Если же такие данные требуются, это приведёт к ошибке во время выполнения.

В качестве примера рассмотрим данное определение таблицы:

```
CREATE TABLE test1 (
    a text COLLATE "de_DE",
    b text COLLATE "es_ES",
    ...
);
```

Затем в

```
SELECT a < 'foo' FROM test1;
```

выполняется оператор сравнения `<` согласно правилам `de_DE`, так как выражение объединяет неявно определяемые правила сортировки с правилами, заданными по умолчанию. Но в

```
SELECT a < ('foo' COLLATE "fr_FR") FROM test1;
```

сравнение выполняется с помощью правил `fr_FR`, так как явное определение правил сортировки переопределяет неявное. Кроме того, получив

```
SELECT a < b FROM test1;
```

, анализатор запросов не может определить, какое правило сортировки использовать, поскольку столбцы `a` и `b` имеют конфликтующие неявные правила сортировки. Так как оператору `<` требуется

знать, какое правило использовать, это приведёт к ошибке. Ошибку можно устранить, применив явное указание правил сортировки к любому из двух входных выражений. Например:

```
SELECT a < b COLLATE "de_DE" FROM test1;
```

либо эквивалентное ему

```
SELECT a COLLATE "de_DE" < b FROM test1;
```

С другой стороны, следующее выражение схожей структуры

```
SELECT a || b FROM test1;
```

не приводит к ошибке, поскольку для оператора `||` правила сортировки не имеют значения, так как результат не зависит от сортировки.

Правила сортировки, назначенные функции или комбинации входных выражений оператора, также могут быть применены к функции или результату оператора, если функция или оператор возвращают результат сортируемого типа данных. Так, в

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || 'foo';
```

упорядочение будет происходить согласно правилам `de_DE`. Но данный запрос:

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || b;
```

приводит к ошибке, потому что, даже если оператору `||` не нужно знать правила сортировки, предложению `ORDER BY` это требуется. Как было сказано выше, конфликт может быть разрешён при помощи явного указания правил сортировки:

```
SELECT * FROM test1 ORDER BY a || b COLLATE "fr_FR";
```

23.2.2. Управление правилами сортировки

Правила сортировки представляют собой объект схемы SQL, который сопоставляет SQL-имя с локалью, реализуемой библиотекой, установленной в операционной системе. В определении правила сортировки задаётся *провайдер*, то есть библиотека, реализующая правило сортировки. Стандартный провайдер с именем `libc` использует системную библиотеку C и предоставляет её локали. Именно эти локали используются большинством утилит операционной системы. Также есть провайдер `icu`, который использует внешнюю библиотеку ICU. Локали ICU можно использовать, только если поддержка ICU была включена в конфигурации сборки PostgreSQL.

Правило сортировки, предоставляемое провайдером `libc`, сопоставляется с комбинацией параметров `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`, которую может принять системный вызов `setlocale()`. (Основная цель правила сортировки — настроить параметр `LC_COLLATE`, который управляет упорядочиванием символов. Однако на практике редко требуется иметь значение `LC_CTYPE`, отличное от `LC_COLLATE`, поэтому удобнее объединить их в одну сущность, и не создавать отдельную инфраструктуру для указания `LC_CTYPE` в выражениях.) Правила сортировки `libc` также связаны с кодировкой набора символов (см. Раздел 23.3). Одно и то же имя правила сортировки может существовать для разных кодировок.

Объект правила сортировки, предоставляемый провайдером `icu`, сопоставляется с именованным сортировщиком, реализуемым библиотекой ICU. ICU не поддерживает различные характеристики «collate» и «ctype», так что они всегда совпадают. Кроме того, правила сортировки ICU не зависят от кодировки, так что в базе данных будет всего одно правило сортировки ICU с определённым именем.

23.2.2.1. Стандартные правила сортировки

На всех платформах доступны правила сортировки под названием `default`, `C`, и `POSIX`. Дополнительные правила сортировки могут быть доступны в зависимости от поддержки операционной системы. Правило сортировки `default` использует значения `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`, заданные при создании базы данных. Правила сортировки `C` и `POSIX` определяют поведение, характерное для «традиционного C», в котором только знаки кодировки ASCII от «A» до «Z» рассматриваются как буквы, и сортировка осуществляется строго по символному коду байтов.

Для кодировки UTF8 дополнительно поддерживается имя `ucs_basic`, определённое в стандарте SQL. Это правило сортировки равнозначно правилу `C` и производит сортировку по кодам символов Unicode.

23.2.2.2. Предопределённые правила сортировки

Если операционная система поддерживает использование нескольких локалей в одной программе (`newlocale` и связанные функции) или включена поддержка ICU, то при инициализации кластера баз данных программа `initdb` наполняет системный каталог `pg_collation` информацией обо всех локалях, которые обнаруживает в этот момент в операционной системе.

Для просмотра всех имеющихся локалей выполните запрос `SELECT * FROM pg_collation` или команду `\dos+` в `psql`.

23.2.2.2.1. правила сортировки libc

Например, операционная система может предоставлять локаль с именем `de_DE.utf8`. При этом программа `initdb` создаст правило сортировки с именем `de_DE.utf8` для кодировки UTF8, в котором `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE` будут равны `de_DE.utf8`. Также будет создано правило сортировки с именем без метки `.utf8` в окончании. Таким образом, вы можете использовать это правило под именем `de_DE`, которое будет компактнее и не будет зависеть от кодировки. Заметьте, что изначальный набор имён правил сортировки, тем не менее, является зависящим от платформы.

Стандартный набор правил сортировки, предоставляемый провайдером `libc`, сопоставляется непосредственно с локалями, установленными в операционной системе (их можно просмотреть с помощью команды `locale -a`). В случаях, когда у правила сортировки `libc` должны быть различные значения `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`, или когда в операционную систему после инициализации СУБД устанавливаются новые локали, создать новое правило сортировки можно с помощью команды `CREATE COLLATION`. Новые локали операционной системы можно также импортировать в массовом порядке, воспользовавшись функцией `pg_import_system_collations()`.

В любой базе данных имеют значение только те правила сортировки, которые используют кодировку этой базы данных. Прочие записи в `pg_collation` игнорируются. Таким образом, усечённое имя правил сортировки, такое как `de_DE`, может считаться уникальным внутри данной базы данных, даже если бы оно не было уникальным глобально. Использование усечённого имени сортировки рекомендуется, так как при переходе на другую кодировку базы данных придётся выполнить на одно изменение меньше. Однако, следует помнить, что правила сортировки `default`, `C` и `POSIX` можно использовать независимо от кодировки базы данных.

В PostgreSQL предполагается, что отдельные объекты правил сортировки несовместимы, даже когда они имеют идентичные свойства. Так, например,

```
SELECT a COLLATE "C" < b COLLATE "POSIX" FROM test1;
```

выведет сообщение об ошибке, несмотря на то, что поведение правил сортировки `C` и `POSIX` идентично. По этой причине смешивать усечённые и полные имена правил сортировки не рекомендуется.

23.2.2.2.2. Правила сортировки ICU

С ICU не представляется разумным перечислять все возможные имена локалей. ICU использует для локалей определённую схему именования, но имён локалей может быть гораздо больше, чем собственно различных локалей. Программа `initdb`, используя API ICU, извлекает список различных локалей и наполняет начальный набор правил в базе данных. Правила сортировки провайдера ICU создаются с именами, включающими метку языка в формате BCP 47 и указание расширения «для частного использования» (`-x-icu`), для отличия от локалей `libc`.

Например, могут быть созданы такие правила сортировки:

```
de-x-icu
```

Немецкое правило сортировки, стандартный вариант

de-AT-x-icu

Немецкое правило сортировки для Австрии, стандартный вариант

(Например, существуют правила de-DE-x-icu и de-CH-x-icu, но на момент написания документации они равнозначны правилу de-x-icu.)

und-x-icu («undefined», неопределённая)

«Корневое» правило сортировки ICU. Оно устанавливает разумный языконезависимый порядок сортировки.

Некоторые (редко используемые) кодировки не поддерживаются ICU. Когда база имеет одну из таких кодировок, записи правил сортировки ICU в pg_collation игнорируются. При попытке использовать их будет выдана ошибка с сообщением вида «правило сортировки "de-x-icu" для кодировки "WIN874" не существует».

23.2.2.3. Создание новых правил сортировки

Если стандартных и предопределённых правил сортировки недостаточно, пользователи могут создавать собственные правила сортировки, используя команду SQL CREATE COLLATION.

Стандартные и предопределённые правила сортировки находятся в схеме pg_catalog, как и все предопределённые объекты. Пользовательские правила сортировки должны создаваться в пользовательских схемах. Помимо прочего, это полезно тем, что их будет выгружать pg_dump.

23.2.2.3.1. правила сортировки libc

Новые правила сортировки libc могут создаваться так:

```
CREATE COLLATION german (provider = libc, locale = 'de_DE');
```

Точные значения, которые могут допускаться в предложении locale в этой команде, зависят от операционной системы. В Unix-подобных системах их список выдаёт команда locale -a.

Так как предопределённый набор правил сортировки libc уже включает все правила сортировки, определённые в операционной системе в момент инициализации базы данных, необходимость создавать новые правила вручную обычно не возникает. Такая потребность может возникнуть, когда нужно сменить систему именования (в этом случае см. Подраздел 23.2.2.3.3) либо когда операционная система была обновлена и в ней появились новые определения локалей (в этом случае см. pg_import_system_collations()).

23.2.2.3.2. Правила сортировки ICU

ICU допускает видоизменения правил сортировки, не ограничивая пользователей наборами язык+страна, которые подготавливает initdb. Пользователи могут свободно создавать собственные объекты-правила сортировки, использующие предоставляемые средства для получения требуемых порядков сортировки. Информацию об именовании локалей ICU можно найти на странице <http://userguide.icu-project.org/locale> и <http://userguide.icu-project.org/collation/api>. Набор допустимых имён и атрибутов зависит от конкретной версии ICU.

Несколько примеров:

```
CREATE COLLATION "de-u-co-phonebk-x-icu" (provider = icu, locale = 'de-u-co-phonebk');
CREATE COLLATION "de-u-co-phonebk-x-icu" (provider = icu, locale = 'de@collation=phonebook');
```

Немецкое правило сортировки с порядком, принятым для телефонной книги

В первом примере локаль ICU выбирается по «метке языка» в формате BCP 47. Во втором примере используется традиционный принятый в ICU синтаксис имени. Первый вариант является более предпочтительным в перспективе, но он не поддерживается старыми версиями ICU.

Заметьте, что объекты-правила сортировки в среде SQL вы можете называть как угодно. В этом примере мы следуем стилю именования, который используется предопределёнными правилами, которые в свою очередь следуют BCP 47, но это не требуется для правил сортировки, определяемых пользователем.

```
CREATE COLLATION "und-u-co-emoji-x-icu" (provider = icu, locale = 'und-u-co-emoji');
CREATE COLLATION "und-u-co-emoji-x-icu" (provider = icu, locale = '@collation=emoji');
```

Корневое правило с сортировкой эмодзи, соответствующее техническому стандарту Unicode №51

Заметьте, что в традиционной системе именования локалей ICU корневая локаль выбирается пустой строкой.

```
CREATE COLLATION digitlast (provider = icu, locale = 'en-u-kr-latn-digit');
CREATE COLLATION digitlast (provider = icu, locale = 'en@colReorder=latn-digit');
```

Правило сортировки, с которым цифры идут после латинских букв. (По умолчанию цифры идут перед буквами.)

```
CREATE COLLATION upperfirst (provider = icu, locale = 'en-u-kf-upper');
CREATE COLLATION upperfirst (provider = icu, locale = 'en@colCaseFirst=upper');
```

Правило сортировки, с которым буквы в верхнем регистре идут перед буквами в нижнем. (По умолчанию сначала идут буквы в нижнем регистре.)

```
CREATE COLLATION special (provider = icu, locale = 'en-u-kf-upper-kr-latn-digit');
CREATE COLLATION special (provider = icu, locale = 'en@colCaseFirst=upper;colReorder=latn-digit');
```

Правило, в котором сочетаются предыдущие свойства.

```
CREATE COLLATION numeric (provider = icu, locale = 'en-u-kn-true');
CREATE COLLATION numeric (provider = icu, locale = 'en@colNumeric=yes');
```

Числовая сортировка, с которой последовательности чисел упорядочиваются по числовому значению, например: A-21 < A-123 (также называется естественной сортировкой).

За подробностями обратитесь к описанию *Технического стандарта Unicode №35* и *BCP 47*. Список возможных типов сортировки (внутренняя метка *co*) можно найти в *репозитории CLDR*. Для исследования свойств определённой локали может быть полезен *ICU Locale Explorer* (Обозреватель локалей ICU). Для примеров с использованием внутренних меток *k** требуется ICU как минимум версии 54.

Заметьте, что хотя данная система позволяет создавать правила сортировки, которые «игнорируют регистр» или «игнорируют ударения» и тому подобное (используя ключ *ks*), PostgreSQL в данный момент не позволяет применять такие правила сортировки действительно независимым от регистра или ударения способом. Все строки, которые считаются равными согласно правилу сортировки, но не равны побайтово, будут сортироваться по своим байтовым значениям.

Примечание

ICU по природе своей принимает в качестве имени локали практическую любую строку и сопоставляет её с наиболее подходящей локалью, которую она может предоставить, следуя процедуре выбора, описанной в её документации. Таким образом, если указание правила сортировки будет составлено с использованием характеристик, которые данная инсталляция ICU на самом деле не поддерживает, непосредственно узнать об этом нельзя. Поэтому, чтобы убедиться, что определения правил сортировки соответствует требованиям, рекомендуется проверять поведение правил на уровне приложения.

23.2.2.3.3. Копирование правил сортировки

Команда `CREATE COLLATION` может также создать новое правило сортировки из существующего, что может быть полезно для использования имён, независимых от операционных систем, создания имён для совместимости или использования правил сортировки ICU под более понятными именами. Например:

```
CREATE COLLATION german FROM "de_DE";
```

```
CREATE COLLATION french FROM "fr-x-icu";
```

23.3. Поддержка кодировок

Поддержка кодировок в PostgreSQL позволяет хранить текст в различных кодировках, включая однобайтовые кодировки, такие как входящие в семейство ISO 8859 и многобайтовые кодировки, такие как EUC (Extended Unix Code), UTF-8 и внутренний код Mule. Все поддерживаемые кодировки могут прозрачно использоваться клиентами, но некоторые не поддерживаются сервером (в качестве серверной кодировки). Кодировка по умолчанию выбирается при инициализации кластера базы данных PostgreSQL при помощи `initdb`. Она может быть переопределена при создании базы данных, что позволяет иметь несколько баз данных с разными кодировками.

Важным ограничением, однако, является то, что кодировка каждой базы данных должна быть совместима с параметрами локали базы данных `LC_STYPE` (классификация символов) и `LC_COLLATE` (порядок сортировки строк). Для локали с или `POSIX` подойдёт любой набор символов, но для других локалей, предоставляемых библиотекой `libc`, есть только один набор символов, который будет работать правильно. (Однако в среде Windows кодировка UTF-8 может использоваться с любой локалью.) Если у вас включена поддержка ICU, локали, предоставляемые библиотекой ICU, можно использовать с большинством (но не всеми) кодировками на стороне сервера.

23.3.1. Поддерживаемые кодировки

Таблица 23.1 показывает кодировки, доступные для использования в PostgreSQL.

Таблица 23.1. Кодировки PostgreSQL

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байтов на символ	Псевдонимы
BIG5	Big Five	Традиционные китайские иероглифы	Нет	Нет	1-2	WIN950, Windows950
EUC_CN	Extended UNIX Code-CN	Упрощённые китайские иероглифы	Да	Да	1-3	
EUC_JP	Extended UNIX Code-JP	Японский	Да	Да	1-3	
EUC_JIS_2004	Extended UNIX Code-JP, JIS X 0213	Японский	Да	Нет	1-3	
EUC_KR	Extended UNIX Code-KR	Корейский	Да	Да	1-3	
EUC_TW	Extended UNIX Code-TW	Традиционные китайские иероглифы, тайваньский	Да	Да	1-3	
GB18030	Национальный стандарт	Китайский	Нет	Нет	1-4	
GBK	Расширенный национальный стандарт	Упрощённые китайские иероглифы	Нет	Нет	1-2	WIN936, Windows936

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байтов на символ	Псевдонимы
ISO_8859_5	ISO 8859-5, ECMA 113	Латинский/Кириллица	Да	Да	1	
ISO_8859_6	ISO 8859-6, ECMA 114	Латинский/Арабский	Да	Да	1	
ISO_8859_7	ISO 8859-7, ECMA 118	Латинский/Греческий	Да	Да	1	
ISO_8859_8	ISO 8859-8, ECMA 121	Латинский/Иврит	Да	Да	1	
JOHAB	JOHAB	Корейский (Хангыль)	Нет	Нет	1-3	
KOI8R	KOI8-R	Кириллица (Русский)	Да	Да	1	KOI8
KOI8U	KOI8-U	Кириллица (Украинский)	Да	Да	1	
LATIN1	ISO 8859-1, ECMA 94	Западноевропейские	Да	Да	1	ISO88591
LATIN2	ISO 8859-2, ECMA 94	Центральноевропейские	Да	Да	1	ISO88592
LATIN3	ISO 8859-3, ECMA 94	Южноевропейские	Да	Да	1	ISO88593
LATIN4	ISO 8859-4, ECMA 94	Северноевропейские	Да	Да	1	ISO88594
LATIN5	ISO 8859-9, ECMA 128	Турецкий	Да	Да	1	ISO88599
LATIN6	ISO 8859-10, ECMA 144	Скандинавские	Да	Да	1	ISO885910
LATIN7	ISO 8859-13	Балтийские	Да	Да	1	ISO885913
LATIN8	ISO 8859-14	Кельтские	Да	Да	1	ISO885914
LATIN9	ISO 8859-15	LATIN1 с европейскими языками и диалектами	Да	Да	1	ISO885915
LATIN10	ISO 8859-16, ASRO SR 14111	Румынский	Да	Нет	1	ISO885916
MULE_INTERNAL	Внутренний код Mule	Мультиязычный редактор Emacs	Да	Нет	1-4	
SJIS	Shift JIS	Японский	Нет	Нет	1-2	Mskanji, ShiftJIS, WIN932, Windows932
SHIFT_JIS_2004	Shift JIS, JIS X 0213	Японский	Нет	Нет	1-2	

Имя	Описание	Язык	Поддержка на сервере	ICU?	Байтов на символ	Псевдонимы
SQL_ASCII	не указан (см. текст)	<i>any</i>	Да	Нет	1	
UNC	Унифицированный код Хангыль	Корейский	Нет	Нет	1-2	WIN949, Windows949
UTF8	Unicode, 8-bit	<i>все</i>	Да	Да	1-4	Unicode
WIN866	Windows CP866	Кириллица	Да	Да	1	ALT
WIN874	Windows CP874	Тайский	Да	Нет	1	
WIN1250	Windows CP1250	Центрально-европейские	Да	Да	1	
WIN1251	Windows CP1251	Кириллица	Да	Да	1	WIN
WIN1252	Windows CP1252	Западноевропейские	Да	Да	1	
WIN1253	Windows CP1253	Греческий	Да	Да	1	
WIN1254	Windows CP1254	Турецкий	Да	Да	1	
WIN1255	Windows CP1255	Иврит	Да	Да	1	
WIN1256	Windows CP1256	Арабский	Да	Да	1	
WIN1257	Windows CP1257	Балтийские	Да	Да	1	
WIN1258	Windows CP1258	Вьетнамский	Да	Да	1	ABC, TCVN, TCVN5712, VSCII

Не все клиентские API поддерживают все перечисленные кодировки. Например, драйвер интерфейса JDBC PostgreSQL не поддерживает MULE_INTERNAL, LATIN6, LATIN8 и LATIN10.

Поведение кодировки SQL_ASCII существенно отличается от других. Когда набором символов сервера является SQL_ASCII, сервер интерпретирует значения от 0 до 127 байт согласно кодировке ASCII, тогда как значения от 128 до 255 воспринимаются как незначимые. Перекодировка не будет выполнена при выборе SQL_ASCII. Таким образом, этот вариант является не столько объявлением того, что используется определённая кодировка, сколько объявлением того, что кодировка игнорируется. В большинстве случаев, если вы работаете с любыми данными, отличными от ASCII, не стоит использовать SQL_ASCII, так как PostgreSQL не сможет преобразовать или проверить символы, отличные от ASCII.

23.3.2. Настройка кодировки

initdb определяет кодировку по умолчанию для кластера PostgreSQL. Например,

```
initdb -E EUC_JP
```

настраивает кодировку по умолчанию на EUC_JP (Расширенная система кодирования для японского языка). Можно использовать --encoding вместо -E в случае предпочтения более длинных имён

параметров. Если параметр `-E` или `--encoding` не задан, `initdb` пытается определить подходящую кодировку в зависимости от указанной или заданной по умолчанию локали.

При создании базы данных можно указать кодировку, отличную от заданной по умолчанию, если эта кодировка совместима с выбранной локалью:

```
createdb -E EUC_KR -T template0 --lc-collate=ko_KR.euckr --lc-ctype=ko_KR.euckr korean
```

Это создаст базу данных с именем `korean`, которая использует кодировку `EUC_KR` и локаль `ko_KR`. Также, получить желаемый результат можно с помощью данной SQL-команды:

```
CREATE DATABASE korean WITH ENCODING 'EUC_KR' LC_COLLATE='ko_KR.euckr'
LC_CTYPE='ko_KR.euckr' TEMPLATE=template0;
```

Заметьте, что приведённые выше команды задают копирование базы данных `template0`. При копировании любой другой базы данных, параметры локали и кодировку исходной базы изменить нельзя, так как это может привести к искажению данных. Более подробное описание приведено в Разделе 22.3.

Кодировка базы данных хранится в системном каталоге `pg_database`. Её можно увидеть при помощи параметра `psql -l` или команды `\l`.

```
$ psql -l
```

List of databases						
Name	Owner	Encoding	Collation	Ctype	Access Privileges	
cloaledb	hlinnaka	SQL_ASCII	C	C		
englishdb	hlinnaka	UTF8	en_GB.UTF8	en_GB.UTF8		
japanese	hlinnaka	UTF8	ja_JP.UTF8	ja_JP.UTF8		
korean	hlinnaka	EUC_KR	ko_KR.euckr	ko_KR.euckr		
postgres	hlinnaka	UTF8	fi_FI.UTF8	fi_FI.UTF8		
template0	hlinnaka	UTF8	fi_FI.UTF8	fi_FI.UTF8	{=c/	
hlinnaka,hlinnaka=CTc/hlinnaka}						
template1	hlinnaka	UTF8	fi_FI.UTF8	fi_FI.UTF8	{=c/	
hlinnaka,hlinnaka=CTc/hlinnaka}						

(7 rows)

Важно

На большинстве современных операционных систем PostgreSQL может определить, какая кодировка подразумевается параметром `LC_CTYPE`, что обеспечит использование только соответствующей кодировки базы данных. На более старых системах необходимо самостоятельно следить за тем, чтобы использовалась кодировка, соответствующая выбранной языковой среде. Ошибка в этой области, скорее всего, приведёт к странному поведению зависимых от локали операций, таких как сортировка.

PostgreSQL позволит суперпользователям создавать базы данных с кодировкой `SQL_ASCII`, даже когда значение `LC_CTYPE` не установлено в `C` или `POSIX`. Как было сказано выше, `SQL_ASCII` не гарантирует, что данные, хранящиеся в базе, имеют определённую кодировку, и таким образом, этот выбор чреват сбоями, связанными с локалью. Использование данной комбинации устарело и, возможно, будет полностью запрещено.

23.3.3. Автоматическая перекодировка между сервером и клиентом

PostgreSQL поддерживает автоматическую перекодировку между сервером и клиентом для определённых комбинаций кодировок. Информация, касающаяся перекодировки, хранится в систем-

ном каталоге `pg_conversion`. PostgreSQL включает в себя некоторые предопределённые кодировки, как показано в Таблице 23.2. Есть возможность создать новую перекодировку при помощи SQL-команды `CREATE CONVERSION`.

Таблица 23.2. Клиент-серверные перекодировки наборов символов

Серверная кодировка	Доступные клиентские кодировки
BIG5	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
EUC_CN	<i>EUC_CN</i> , MULE_INTERNAL , UTF8
EUC_JP	<i>EUC_JP</i> , MULE_INTERNAL , SJIS, UTF8
EUC_JIS_2004	<i>EUC_JIS_2004</i> , SHIFT_JIS_2004 , UTF8
EUC_KR	<i>EUC_KR</i> , MULE_INTERNAL , UTF8
EUC_TW	<i>EUC_TW</i> , BIG5, MULE_INTERNAL , UTF8
GB18030	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
GBK	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
ISO_8859_5	<i>ISO_8859_5</i> , KOI8R, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN866, WIN1251
ISO_8859_6	<i>ISO_8859_6</i> , UTF8
ISO_8859_7	<i>ISO_8859_7</i> , UTF8
ISO_8859_8	<i>ISO_8859_8</i> , UTF8
JOHAB	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
KOI8R	<i>KOI8R</i> , ISO_8859_5 , MULE_INTERNAL , UTF8, WIN866, WIN1251
KOI8U	<i>KOI8U</i> , UTF8
LATIN1	<i>LATIN1</i> , MULE_INTERNAL , UTF8
LATIN2	<i>LATIN2</i> , MULE_INTERNAL , UTF8, WIN1250
LATIN3	<i>LATIN3</i> , MULE_INTERNAL , UTF8
LATIN4	<i>LATIN4</i> , MULE_INTERNAL , UTF8
LATIN5	<i>LATIN5</i> , UTF8
LATIN6	<i>LATIN6</i> , UTF8
LATIN7	<i>LATIN7</i> , UTF8
LATIN8	<i>LATIN8</i> , UTF8
LATIN9	<i>LATIN9</i> , UTF8
LATIN10	<i>LATIN10</i> , UTF8
MULE_INTERNAL	<i>MULE_INTERNAL</i> , BIG5, EUC_CN , EUC_JP , EUC_KR , EUC_TW , ISO_8859_5 , KOI8R, LATIN1 to LATIN4, SJIS, WIN866, WIN1250, WIN1251
SJIS	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
SHIFT_JIS_2004	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
SQL_ASCII	<i>любая (перекодировка не будет выполнена)</i>
UHC	<i>не поддерживается как серверная кодировка</i>
UTF8	<i>все поддерживаемые кодировки</i>
WIN866	<i>WIN866</i> , ISO_8859_5 , KOI8R, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN1251
WIN874	<i>WIN874</i> , UTF8

Серверная кодировка	Доступные клиентские кодировки
WIN1250	WIN1250, LATIN2, MULE_INTERNAL , UTF8
WIN1251	WIN1251, ISO_8859_5 , KOI8R, MULE_INTERNAL , UTF8, WIN866
WIN1252	WIN1252, UTF8
WIN1253	WIN1253, UTF8
WIN1254	WIN1254, UTF8
WIN1255	WIN1255, UTF8
WIN1256	WIN1256, UTF8
WIN1257	WIN1257, UTF8
WIN1258	WIN1258, UTF8

Чтобы включить автоматическую перекодировку символов, необходимо сообщить PostgreSQL кодировку, которую вы хотели бы использовать на стороне клиента. Это можно выполнить несколькими способами:

- Использование команды `\encoding` в `psql`. `\encoding` позволяет оперативно изменять клиентскую кодировку. Например, чтобы изменить кодировку на `SJIS`, введите:

```
\encoding SJIS
```

- `libpq` (Раздел 34.10) имеет функции, для управления клиентской кодировкой.
- Использование `SET client_encoding TO`. Клиентская кодировка устанавливается следующей SQL-командой:

```
SET CLIENT_ENCODING TO 'value';
```

Также, для этой цели можно использовать стандартный синтаксис SQL `SET NAMES`:

```
SET NAMES 'value';
```

Получить текущую клиентскую кодировку:

```
SHOW client_encoding;
```

Вернуть кодировку по умолчанию:

```
RESET client_encoding;
```

- Использование `PGCLIENTENCODING`. Если установлена переменная окружения `PGCLIENTENCODING`, то эта клиентская кодировка выбирается автоматически при подключении к серверу. (В дальнейшем это может быть переопределено при помощи любого из методов, указанных выше.)
- Использование переменной конфигурации `client_encoding`. Если задана переменная `client_encoding`, указанная клиентская кодировка выбирается автоматически при подключении к серверу. (В дальнейшем это может быть переопределено при помощи любого из методов, указанных выше.)

Если перекодировка определённого символа невозможна (предположим, выбраны `EUC_JP` для сервера и `LATIN1` для клиента, и передаются некоторые японские иероглифы, не представленные в `LATIN1`), возникает ошибка.

Если клиентская кодировка определена как `SQL_ASCII`, перекодировка отключается вне зависимости от кодировки сервера. Что же касается сервера, не стоит использовать `SQL_ASCII`, если только вы не работаете с данными, которые полностью соответствуют ASCII.

23.3.4. Дополнительные источники информации

Рекомендуемые источники для начала изучения различных видов систем кодирования.

Обработка информации на китайском, японском, корейском & вьетнамском языках.

Содержит подробные объяснения по EUC_JP, EUC_CN, EUC_KR, EUC_TW.

<http://www.unicode.org/>

Сайт Unicode Consortium.

RFC 3629

UTF-8 (формат преобразования 8-битного UCS/Unicode) определён здесь.

Глава 24. Регламентные задачи обслуживания базы данных

Как и в любой СУБД, в PostgreSQL для достижения оптимальной производительности нужно регулярно выполнять определённые процедуры. Задачи, которые рассматриваются в этой главе, являются *обязательными*, но они по природе своей повторяющиеся и легко поддаются автоматизации с использованием стандартных средств, таких как задания cron или Планировщика задач в Windows. Создание соответствующих заданий и контроль над их успешным выполнением входят в обязанности администратора базы данных.

Одной из очевидных задач обслуживания СУБД является регулярное создание резервных копий данных. При отсутствии свежей резервной копии у вас не будет шанса восстановить систему после катастрофы (сбой диска, пожар, удаление важной таблицы по ошибке и т. д.). Механизмы резервного копирования и восстановления в PostgreSQL детально рассматриваются в Главе 25.

Другое важное направление обслуживания СУБД — периодическая «очистка» базы данных. Эта операция рассматривается в Разделе 24.1. С ней тесно связано обновление статистики, которая будет использоваться планировщиком запросов; оно рассматривается в Подразделе 24.1.3.

Ещё одной задачей, требующей периодического выполнения, является управление файлами журнала. Она рассматривается в Разделе 24.3.

Для контроля состояния базы данных и для отслеживания нестандартных ситуаций можно использовать *check_postgres*. Скрипт *check_postgres* можно интегрировать с Nagios и MRTG, однако он может работать и самостоятельно.

По сравнению с некоторыми другими СУБД PostgreSQL неприхотлив в обслуживании. Тем не менее, должное внимание к вышеперечисленным задачам будет значительно способствовать комфортной и производительной работе с СУБД.

24.1. Регламентная очистка

Базы данных PostgreSQL требуют периодического проведения процедуры обслуживания, которая называется *очисткой*. Во многих случаях очистку достаточно выполнять с помощью *демона автоочистки*, который описан в Подразделе 24.1.6. Возможно, в вашей ситуации для получения оптимальных результатов потребуется настроить описанные там же параметры автоочистки. Некоторые администраторы СУБД могут дополнить или заменить действие этого демона командами *VACUUM* (обычно они выполняются по расписанию в заданиях cron или Планировщика задач). Чтобы правильно организовать очистку вручную, необходимо понимать темы, которые будут рассмотрены в следующих подразделах. Администраторы, которые полагаются на автоочистку, возможно, всё же захотят просмотреть этот материал, чтобы лучше понимать и настраивать эту процедуру.

24.1.1. Основные принципы очистки

Команды *VACUUM* в PostgreSQL должны обрабатывать каждую таблицу по следующим причинам:

1. Для высвобождения или повторного использования дискового пространства, занятого изменёнными или удалёнными строками.
2. Для обновления статистики по данным, используемой планировщиком запросов PostgreSQL.
3. Для обновления карты видимости, которая ускоряет сканирование только индекса.
4. Для предотвращения потери очень старых данных из-за заикливания идентификаторов *транзакций* или *мультитранзакций*.

Разные причины диктуют выполнение действий *VACUUM* с разной частотой и в разном объёме, как рассматривается в следующих подразделах.

Существует два варианта *VACUUM*: обычный *VACUUM* и *VACUUM FULL*. Команда *VACUUM FULL* может высвободить больше дискового пространства, однако работает медленнее. Кроме того, обычная ко-

манда `VACUUM` может выполняться параллельно с использованием производственной базы данных. (При этом такие команды как `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` будут выполняться нормально, хотя нельзя будет изменить определение таблицы командами типа `ALTER TABLE`.) Команда `VACUUM FULL` требует исключительной блокировки обрабатываемой таблицы и поэтому не может выполняться параллельно с другими операциями с этой таблицей. По этой причине администраторы, как правило, должны стараться использовать обычную команду `VACUUM` и избегать `VACUUM FULL`.

Команда `VACUUM` порождает существенный объём трафика ввода/вывода, который может стать причиной низкой производительности в других активных сеансах. Это влияние фоновой очистки можно регулировать, настраивая параметры конфигурации (см. Подраздел 19.4.4).

24.1.2. Высвобождение дискового пространства

В PostgreSQL команды `UPDATE` или `DELETE` не вызывают немедленного удаления старой версии изменяемых строк. Этот подход необходим для реализации эффективного многоверсионного управления конкурентным доступом (MVCC, см. Главу 13): версия строки не должна удаляться до тех пор, пока она остаётся потенциально видимой для других транзакций. Однако в конце концов устаревшая или удалённая версия строки оказывается не нужна ни одной из транзакций. После этого занимаемое ей место должно быть освобождено и может быть отдано новым строкам, во избежание неограниченного роста потребности в дисковом пространстве. Это происходит при выполнении команды `VACUUM`.

Обычная форма `VACUUM` удаляет неиспользуемые версии строк в таблицах и индексах и помечает пространство свободным для дальнейшего использования. Однако это дисковое пространство не возвращается операционной системе, кроме особого случая, когда полностью освобождаются одна или несколько страниц в конце таблицы и можно легко получить исключительную блокировку таблицы. Команда `VACUUM FULL`, напротив, кардинально сжимает таблицы, записывая абсолютно новую версию файла таблицы без неиспользуемого пространства. Это минимизирует размер таблицы, однако может занять много времени. Кроме того, для этого требуется больше места на диске для записи новой копии таблицы до завершения операции.

Обычно цель регулярной очистки — выполнять простую очистку (`VACUUM`) достаточно часто, чтобы не возникала необходимость в `VACUUM FULL`. Демон автоочистки пытается работать в этом режиме, и на самом деле он сам никогда не выполняет `VACUUM FULL`. Основная идея такого подхода не в том, чтобы минимизировать размер таблиц, а в том, чтобы поддерживать использование дискового пространства на стабильном уровне: каждая таблица занимает объём, равный её минимальному размеру, плюс объём, который был занят между процедурами очистки. Хотя с помощью `VACUUM FULL` можно сжать таблицу до минимума и вернуть дисковое пространство операционной системе, большого смысла в этом нет, если в будущем таблица так же вырастет снова. Следовательно, для активно изменяемых таблиц лучше с умеренной частотой выполнять `VACUUM`, чем очень редко выполнять `VACUUM FULL`.

Некоторые администраторы предпочитают планировать очистку БД самостоятельно, например, проводя все работы ночью в период низкой загрузки. Однако очистка только по фиксированному расписанию плоха тем, что при резком скачке интенсивности изменений таблица может разрастись настолько, что для высвобождения пространства действительно понадобится выполнить `VACUUM FULL`. Использование демона автоочистки снимает эту проблему, поскольку он планирует очистку динамически, отслеживая интенсивность изменений. Полностью отключать этот демон может иметь смысл, только если вы имеете дело с предельно предсказуемой загрузкой. Возможен и компромиссный вариант — настроить параметры демона автоочистки так, чтобы он реагировал только на необычайно высокую интенсивность изменений и мог удержать ситуацию под контролем, в то время как команды `VACUUM`, запускаемые по расписанию, будут выполнять основную работу в периоды нормальной загрузки.

Если же автоочистка не применяется, обычно планируется выполнение `VACUUM` для всей базы данных раз в сутки в период низкой активности, и в случае необходимости оно дополняется более частой очисткой интенсивно изменяемых таблиц. (В некоторых ситуациях, когда изменения производятся крайне интенсивно, самые востребованные таблицы могут очищаться раз в несколько

минут.) Если в вашем кластере несколько баз данных, не забывайте выполнять `VACUUM` для каждой из них; при этом может быть полезна программа `vacuumdb`.

Подсказка

Результат обычного `VACUUM` может быть неудовлетворительным, когда вследствие массового изменения или удаления строк в таблице оказывается много мёртвых версий строк. Если у вас есть такая таблица и вам нужно освободить лишнее пространство, которое она занимает, используйте команду `VACUUM FULL` или, в качестве альтернативы, `CLUSTER` или один из вариантов `ALTER TABLE`, выполняющий перезапись таблицы. Эти команды записывают абсолютно новую копию таблицы и строят для неё индексы. Все эти варианты требуют исключительной блокировки. Заметьте, что они также на время требуют дополнительного пространства на диске в объёме, приблизительно равном размеру таблицы, поскольку старые копии таблицы и индексов нельзя удалить до завершения создания новых копий.

Подсказка

Если у вас есть таблица, всё содержимое которой периодически удаляется, рассмотрите возможность использования `TRUNCATE` вместо `DELETE` с последующей командой `VACUUM`. `TRUNCATE` немедленно удаляет всё содержимое таблицы, не требуя последующей очистки (`VACUUM` или `VACUUM FULL`) для высвобождения неиспользуемого дискового пространства. Недостатком такого подхода является нарушение строгой семантики MVCC.

24.1.3. Обновление статистики планировщика

Планировщик запросов в PostgreSQL, выбирая эффективные планы запросов, полагается на статистическую информацию о содержимом таблиц. Эта статистика собирается командой `ANALYZE`, которая может вызываться сама по себе или как дополнительное действие команды `VACUUM`. Статистика должна быть достаточно точной, так как в противном случае неудачно выбранные планы запросов могут снизить производительность базы данных.

Демон автоочистки, если он включён, будет автоматически выполнять `ANALYZE` после существенных изменений содержимого таблицы. Однако администраторы могут предпочесть выполнение `ANALYZE` вручную, в частности, если известно, что производимые в таблице изменения не повлияют на статистику по «интересным» столбцам. Демон же планирует выполнение `ANALYZE` в зависимости только от количества вставленных или изменённых строк; он не знает, приведут ли они к значимым изменениям статистики.

Как и процедура очистки для высвобождения пространства, частое обновление статистики полезно для интенсивно изменяемых таблиц, нежели для тех таблиц, которые изменяются редко. Однако даже в случае часто изменяемой таблицы обновление статистики может не требоваться, если статистическое распределение данных меняется слабо. Как правило, достаточно оценить, насколько меняются максимальное и минимальное значения в столбцах таблицы. Например, максимальное значение в столбце `timestamp`, хранящем время изменения строки, будет постоянно увеличиваться по мере добавления и изменения строк; для такого столбца может потребоваться более частое обновление статистики, чем, к примеру, для столбца, содержащего адреса страниц (URL), которые запрашивались с сайта. Столбец с URL-адресами может меняться столь же часто, однако статистическое распределение его значений, вероятно, будет изменяться относительно медленно.

Команду `ANALYZE` можно выполнять для отдельных таблиц и даже просто для отдельных столбцов таблицы, поэтому, если того требует приложение, одни статистические данные можно обновлять чаще, чем другие. Однако на практике обычно лучше просто анализировать всю базу данных, по-

сколько это быстрая операция, так как `ANALYZE` читает не каждую отдельную строку, а статистически случайную выборку строк таблицы.

Подсказка

Хотя индивидуальная настройка частоты `ANALYZE` для отдельных столбцов может быть не очень полезной, смысл может иметь настройка детализации статистики, собираемой командой `ANALYZE`. Для столбцов, которые часто используются в предложениях `WHERE`, и имеют очень неравномерное распределение данных, может потребоваться более детальная, по сравнению с другими столбцами, гистограмма данных. В таких случаях можно воспользоваться командой `ALTER TABLE SET STATISTICS` или изменить значение по умолчанию параметра уровня БД `default_statistics_target`.

Кроме того, по умолчанию информация об избирательности функций ограничена. Однако если вы создаёте индекс по выражению с вызовом функции, об этой функции будет собрана полезная статистическая информация, которая может значительно улучшить планы запросов, в которых используется данный индекс.

Подсказка

Демон автоочистки не выполняет команды `ANALYZE` для сторонних таблиц, поскольку он не знает, как часто это следует делать. Если для получения качественных планов вашим запросам необходима статистика по сторонним таблицам, будет хорошей идеей дополнительно запускать `ANALYZE` для них по подходящему расписанию.

24.1.4. Обновление карты видимости

Процедура очистки поддерживает карты видимости для каждой таблицы, позволяющие определить, в каких страницах есть только записи, заведомо видимые для всех активных транзакций (и всех будущих транзакций, пока страница не будет изменена). Это имеет два применения. Во-первых, сам процесс очистки может пропускать такие страницы при следующем запуске, поскольку на этих страницах вычищать нечего.

Во-вторых, с такими картами PostgreSQL может выдавать результаты некоторых запросов, используя только индекс, не обращаясь к данным таблицы. Так как индексы PostgreSQL не содержат информацию о видимости записей, при обычном сканировании по индексу необходимо извлечь соответствующую запись из таблицы и проверить её видимость для текущей транзакции. Поэтому при *сканировании только индекса*, наоборот, сначала проверяется карта видимости. Если известно, что все записи на странице видимы, то выборку из таблицы можно пропустить. Это наиболее полезно с большими наборами данных, когда благодаря карте видимости можно оптимизировать чтение с диска. Карта видимости значительно меньше таблицы, поэтому она легко помещается в кеш, даже когда объём самих страниц очень велик.

24.1.5. Предотвращение ошибок из-за заикливания счётчика транзакций

В PostgreSQL семантика транзакций MVCC зависит от возможности сравнения номеров идентификаторов транзакций (XID): версия строки, у которой XID добавившей её транзакции больше, чем XID текущей транзакции, относится «к будущему» и не должна быть видна в текущей транзакции. Однако поскольку идентификаторы транзакций имеют ограниченный размер (32 бита), кластер, работающий долгое время (более 4 миллиардов транзакций) столкнётся с *заикливанием идентификаторов транзакций*: счётчик XID прокрутится до нуля, и внезапно транзакции, которые относились к прошлому, окажутся в будущем — это означает, что их результаты станут невидимыми. Одним словом, это катастрофическая потеря данных. (На самом деле данные никуда не пропадают.)

ют, однако если вы не можете их получить, то это слабое утешение.) Для того чтобы этого избежать, необходимо выполнять очистку для каждой таблицы в каждой базе данных как минимум единожды на два миллиардов транзакций.

Периодическое выполнение очистки решает эту проблему, потому что процедура `VACUUM` помечает строки как *замороженные*, указывая, что они были вставлены транзакцией, зафиксированной достаточно давно, так что эффект добавляющей транзакции с точки зрения MVCC определённо будет виден во всех текущих и будущих транзакциях. Обычные значения `XID` сравниваются по модулю 2^{32} . Это означает, что для каждого обычного `XID` существуют два миллиарда значений `XID`, которые «старше» него, и два миллиарда значений, которые «младше» него; другими словами, пространство значений `XID` циклично и не имеет конечной точки. Следовательно, как только создаётся версия строки с обычным `XID`, для следующих двух миллиардов транзакций эта версия строки оказывается «в прошлом», неважно о каком значении обычного `XID` идет речь. Если после двух миллиардов транзакций эта версия строки всё ещё существует, она внезапно окажется в будущем. Для того чтобы это предотвратить, в какой-то момент значение `XID` для старых версий строк должно быть заменено на `FrozenTransactionId` (заморожено) до того, как будет достигнута граница в два миллиарда транзакций. После получения этого особенного `XID` для всех обычных транзакций эти версии строк будут относиться «к прошлому», независимо от заикливания, и, таким образом, эти версии строк будут действительны до момента их удаления, когда бы это ни произошло.

Примечание

В версиях PostgreSQL до 9.4 замораживание было реализовано как замена `XID` добавления строки специальным идентификатором `FrozenTransactionId`, который можно было увидеть в системной колонке `xmin` данной строки. В новых версиях просто устанавливается битовый флаг, а исходный `xmin` строки сохраняется для возможного расследования в будущем. Однако строки с `xmin`, равным `FrozenTransactionId` (2), можно по-прежнему встретить в базах данных, обновлённых (с применением `pg_upgrade`) с версий до 9.4.

Также системные каталоги могут содержать строки со значением `xmin`, равным `BootstrapTransactionId` (1), показывающим, что они были вставлены на первом этапе `initdb`. Как и `FrozenTransactionId`, этот специальный `XID` считается более старым, чем любой обычный `XID`.

Параметр `vacuum freeze min age` определяет, насколько старым должен стать `XID`, чтобы строки с таким `XID` были заморожены. Увеличение его значения помогает избежать ненужной работы, если строки, которые могли бы быть заморожены в ближайшее время, будут изменены ещё раз, а уменьшение приводит к увеличению количества транзакций, которые могут выполняться, прежде чем потребуется очередная очистка таблицы.

`VACUUM` определяет, какие страницы таблицы нужно сканировать, анализируя карту видимости. Обычно при этой операции пропускаются страницы, в которых нет мёртвых версий строк, даже если в них могут быть версии строк со старыми `XID`. Таким образом, обычная команда `VACUUM` не будет всегда замораживать все версии строк, имеющиеся в таблице. Периодически `VACUUM` будет также производить *агрессивную очистку*, пропуская только те страницы, которые не содержат ни мёртвых строк, ни незамороженных значений `XID` или `MXID`. Когда `VACUUM` будет делать это, зависит от параметра `vacuum freeze table age`: полностью видимые, но не полностью замороженные страницы будут сканироваться, если число транзакций, прошедших со времени последнего такого сканирования, оказывается больше чем `vacuum freeze table age` минус `vacuum freeze min age`. Если `vacuum freeze table age` равно 0, `VACUUM` будет применять эту более агрессивную стратегию при каждом сканировании.

Максимальное время, в течение которого таблица может обходиться без очистки, составляет два миллиарда транзакций минус значение `vacuum freeze min age` с момента последней агрессивной очистки. Если бы таблица не подвергалась очистке дольше, была бы возможна потеря данных. Чтобы гарантировать, что это не произойдёт, для любой таблицы, которая может содержать значения

XID старше, чем возраст, указанный в конфигурационном параметре `autovacuum_freeze_max_age`, вызывается автоочистка. (Это случится, даже если автоочистка отключена.)

Это означает, что если очистка таблицы не вызывается другим способом, то автоочистка для неё будет вызываться приблизительно через каждые `autovacuum_freeze_max_age` минус `vacuum_freeze_min_age` транзакций. Для таблиц, очищаемых регулярно для высвобождения пространства, это неактуально. В то же время статичные таблицы (включая таблицы, в которых данные вставляются, но не изменяются и не удаляются) не нуждаются в очистке для высвобождения пространства, поэтому для очень больших статичных таблиц имеет смысл увеличить интервал между вынужденными запусками автоочистки. Очевидно, это можно сделать, либо увеличив `autovacuum_freeze_max_age`, либо уменьшив `vacuum_freeze_min_age`.

Фактический максимум для `vacuum_freeze_table_age` составляет `0.95 * autovacuum_freeze_max_age`; большее значение будет ограничено этим пределом. Значение, превышающее `autovacuum_freeze_max_age`, не имело бы смысла, поскольку по достижении этого значения в любом случае вызывалась бы автоочистка для предотвращения заикливания, а коэффициент `0.95` оставляет немного времени для того, чтобы запустить команду `VACUUM` вручную до того, как это произойдёт. Как правило, установленное значение `vacuum_freeze_table_age` должно быть несколько меньше `autovacuum_freeze_max_age`, чтобы оставленный промежуток был достаточен для выполнения в этом окне `VACUUM` по расписанию или автоочистки, управляемой обычной активностью операций удаления и изменения. Если это значение будет слишком близким к максимуму, автоочистка для предотвращения заикливания будет выполняться, даже если таблица только что была очищена для высвобождения пространства, в то же время при небольшом значении будет чаще производиться агрессивная очистка.

Единственный минус увеличения `autovacuum_freeze_max_age` (и `vacuum_freeze_table_age` с ним) заключается в том, что подкаталоги `pg_xact` и `pg_commit_ts` в кластере баз данных будут занимать больше места, поскольку в них нужно будет хранить статус и (при включённом `track_commit_timestamp`) время фиксации всех транзакций вплоть до горизонта `autovacuum_freeze_max_age`. Для статуса фиксации используется по два бита на транзакцию, поэтому если в `autovacuum_freeze_max_age` установлено максимально допустимое значение в два миллиарда, то размер `pg_xact` может составить примерно половину гигабайта, а `pg_commit_ts` примерно 20 ГБ. Если по сравнению с объёмом вашей базы данных этот объём незначителен, тогда рекомендуется установить для `autovacuum_freeze_max_age` максимально допустимое значение. В противном случае установите значение этого параметра в зависимости от объёма, который вы готовы выделить для `pg_xact` и `pg_commit_ts`. (Значению по умолчанию, 200 миллионам транзакций, соответствует приблизительно 50 МБ в `pg_xact` и около 2 ГБ в `pg_commit_ts`.)

Уменьшение значения `vacuum_freeze_min_age`, с другой стороны, чревато тем, что команда `VACUUM` может выполнять бесполезную работу: замораживание версии строки — пустая трата времени, если эта строка будет вскоре изменена (и в результате получит новый XID). Поэтому значение этого параметра должно быть достаточно большим для того, чтобы строки не замораживались, пока их последующее изменение не станет маловероятным.

Для отслеживания возраста самых старых значений XID в базе данных команда `VACUUM` сохраняет статистику по XID в системных таблицах `pg_class` и `pg_database`. В частности, столбец `relfrozenxid` в записи для определённой таблицы в `pg_class` содержит граничное значение XID, с которым в последний раз выполнялась агрессивная очистка (`VACUUM`) этой таблицы. Все строки, добавленные транзакциями с более ранними XID, гарантированно будут заморожены. Аналогично столбец `datfrozenxid` в записи для базы данных в `pg_database` представляет нижнюю границу обычных значений XID, встречающихся в этой базе — он просто хранит минимальное из всех значений `relfrozenxid` для таблиц этой базы. Эту информацию удобно получать с помощью таких запросов:

```
SELECT c.oid::regclass as table_name,
       greatest(age(c.relfrozenxid),age(t.relfrozenxid)) as age
FROM pg_class c
LEFT JOIN pg_class t ON c.reltoastrelid = t.oid
```



```
WHERE c.relkind IN ('r', 'm');
```

```
SELECT datname, age(datfrozenxid) FROM pg_database;
```

Столбец `age` показывает количество транзакций от граничного значения `XID` до `XID` текущей транзакции.

Обычно `VACUUM` сканирует только те страницы, которые изменялись после последней очистки, однако `relfrozenxid` может увеличиться только при сканировании всех страниц таблицы, включая те, что могут содержать незамороженные `XID`. Это происходит когда возраст `relfrozenxid` достигает `vacuum_freeze_table_age` транзакций, когда `VACUUM` вызывается с указанием `FREEZE`, или когда оказывается, что очистку для удаления мёртвых версий строк нужно провести во всех ещё не замороженных страницах. Когда `VACUUM` сканирует в таблице каждую ещё не полностью замороженную страницу, значение `age(relfrozenxid)` в результате должно стать немного больше, чем установленное значение `vacuum_freeze_min_age` (больше на число транзакций, начатых с момента запуска `VACUUM`). Если по достижении `autovacuum_freeze_max_age` для таблицы ни разу не будет выполнена операция `relfrozenxid`, в скором времени для неё будет принудительно запущена автоочистка.

Если по какой-либо причине автоочистка не может вычистить старые значения `XID` из таблицы, система начинает выдавать предупреждающие сообщения, подобные приведённому ниже, когда самое старое значение `XID` в базе данных оказывается в десяти миллионах транзакций от точки заикливания:

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: база данных "mydb" должна быть очищена (предельное число транзакций: 177009986)

ПОДСКАЗКА: Во избежание отключения базы данных выполните очистку (`VACUUM`) всей базы "mydb".

(Проблему можно решить, как предлагает подсказка, запустив `VACUUM` вручную; однако учтите, что выполнять `VACUUM` должен суперпользователь, в противном случае эта процедура не сможет обработать системные каталоги и, следовательно, не сможет увеличить значение `datfrozenxid` для базы данных.) Если эти предупреждения игнорировать, система отключится и не будет начинать никаких транзакций, как только до точки заикливания останется менее 1 миллиона транзакций:

ОШИБКА: база данных не принимает команды во избежание потери данных из-за заикливания в БД "mydb"

ПОДСКАЗКА: Остановите управляющий процесс (`postmaster`) и выполните очистку (`VACUUM`) базы данных в однопользовательском режиме.

Резерв в 1 миллион транзакций позволяет администратору провести восстановление без потери данных, выполнив необходимые команды `VACUUM` вручную. Однако, поскольку после безопасной остановки система не будет исполнять команды, администратору останется только перезапустить сервер в однопользовательском режиме, чтобы запустить `VACUUM`. За подробной информацией об использовании однопользовательского режима обратитесь к странице справки по `postgres`.

24.1.5.1. Мультитранзакции и заикливание

Идентификаторы мультитранзакций используются для поддержки блокировки строк несколькими транзакциями одновременно. Поскольку в заголовке строки есть только ограниченное пространство для хранения информации о блокировках, в нём указывается «идентификатор множественной транзакции», или идентификатор мультитранзакции для краткости, когда строку блокируют одновременно несколько транзакций. Информация о том, какие именно идентификаторы транзакций относятся к определённой мультитранзакции, хранится отдельно в подкаталоге `pg_multixact`, а в поле `xmax` в заголовке строки сохраняется только идентификатор мультитранзакции. Как и идентификаторы транзакций, идентификаторы мультитранзакций исполнены в виде 32-разрядного счётчика и хранятся аналогично, что требует аккуратного управления их возрастом, очисткой хранилища и предотвращением заикливаний. Существует отдельная область, в которой содержится список членов каждой мультитранзакции, где счётчики также 32-битные и требуют должного контроля.

Когда `VACUUM` сканирует какую-либо часть таблицы, каждый идентификатор мультитранзакции старше чем `vacuum_multixact_freeze_min_age` заменяется другим значением, которое может быть нулевым, идентификатором одиночной транзакции или новым идентификатором мультитранзакции. Для каждой таблицы в `pg_class.relmixmapid` хранится самый старый возможный идентификатор мультитранзакции, всё ещё задействованный в какой-либо строке этой таблицы. Если это значение оказывается старше `vacuum_multixact_freeze_table_age`, выполняется агрессивная очистка. Как рассказывалось в предыдущем разделе, при агрессивной очистке будут пропускаться только те страницы, которые считаются полностью замороженными. Узнать возраст `pg_class.relmixmapid` можно с помощью функции `mixmap_age()`.

Благодаря агрессивным операциям `VACUUM`, вне зависимости от их причины, это значение для таблицы будет увеличиваться. В конце концов, по мере сканирования всех таблиц во всех базах данных и увеличения их старейших значений мультитранзакций, информация о старых мультитранзакциях может быть удалена с диска.

В качестве меры защиты, агрессивное сканирование с целью очистки будет происходить для любой таблицы, возраст мультитранзакций которой больше, чем `autovacuum_multixact_freeze_max_age`. Агрессивное сканирование также будет выполняться постепенно со всеми таблицами, начиная с имеющих старейшие мультитранзакции, если объём занятой области членов мультитранзакций превышает 50% от объёма адресуемого пространства. Эти два варианта агрессивного сканирования осуществляются, даже если процесс автоочистки отключён.

24.1.6. Демон автоочистки

В PostgreSQL имеется не обязательная, но настоятельно рекомендуемая к использованию функция, называемая *автоочисткой*, предназначение которой — автоматизировать выполнение команд `VACUUM` и `ANALYZE`. Когда автоочистка включена, она проверяет, в каких таблицах было вставлено, изменено или удалено много строк. При этих проверках используются средства сбора статистики; поэтому автоочистка будет работать, только если параметр `track_counts` имеет значение `true`. В конфигурации по умолчанию автоочистка включена и соответствующие параметры имеют подходящие значения.

«Демон автоочистки» на самом деле состоит из нескольких процессов. Существует постоянный фоновый процесс, называемый *процессом запуска автоочистки*, который отвечает за запуск рабочих процессов автоочистки для всех баз данных. Этот контролирующий процесс распределяет работу по времени, стараясь запускать рабочий процесс для каждой базы данных каждые `autovacuum_naptime` секунд. (Следовательно, если всего имеется N баз данных, новый рабочий процесс будет запускаться каждые `autovacuum_naptime/N` секунд.) Одновременно могут выполняться до `autovacuum_max_workers` рабочих процессов. Если число баз данных, требующих обработки, превышает `autovacuum_max_workers`, обработка следующей базы начинается сразу по завершении первого рабочего процесса. Каждый рабочий процесс проверяет все таблицы в своей базе данных и в случае необходимости выполняет `VACUUM` и/или `ANALYZE`. Для отслеживания действий рабочих процессов можно установить параметр `log_autovacuum_min_duration`.

Если в течение короткого промежутка времени потребность в очистке возникает для нескольких больших таблиц, все рабочие процессы автоочистки могут продолжительное время заниматься очисткой только этих таблиц. В результате другие таблицы и базы данных будут ожидать очистки, пока не появится свободный рабочий процесс. Число рабочих процессов для одной базы не ограничивается, при этом каждый процесс старается не повторять работу, только что выполненную другими. Заметьте, что в ограничениях `max_connections` или `superuser_reserved_connections` число выполняющихся рабочих процессов не учитывается.

Для таблиц с `relfrozenxid`, устаревшим более чем на `autovacuum_freeze_max_age` транзакций, очистка выполняется всегда (это также применимо к таблицам, для которых максимальный порог заморозки был изменён через параметры хранения; см. ниже). В противном случае, очистка таблицы производится, если количество кортежей, устаревших с момента последнего выполнения `VACUUM`, превышает «пороговое значение очистки». Пороговое значение очистки определяется как:

порог очистки = базовый порог очистки + коэффициент доли для очистки * количество кортежей

где базовый порог очистки — значение `autovacuum_vacuum_threshold`, коэффициент доли — `autovacuum_vacuum_scale_factor`, а количество кортежей — `pg_class.reltuples`. Количество устаревших кортежей получается от сборщика статистики; оно представляет собой приблизительное число, обновляемое после каждой операции `UPDATE` и `DELETE`. (Точность не гарантируется, потому что при большой нагрузке часть информации может быть утеряна.) Если значение `relfrozenxid` для таблицы старше `vacuum_freeze_table_age` транзакций, производится агрессивная очистка с целью заморозить старые версии строк и увеличить значение `relfrozenxid`; в противном случае сканируются только страницы, изменённые после последней очистки.

Для выполнения сбора статистики используется аналогичное условие: пороговое значение, определяемое как:

порог анализа = базовый порог анализа + коэффициент доли для анализа * количество кортежей

сравнивается с общим количеством кортежей добавленных, изменённых или удалённых после последнего выполнения `ANALYZE`.

Автоочистка не обрабатывает временные таблицы. Поэтому очистку и сбор статистики в них нужно производить с помощью SQL-команд в обычном сеансе.

Используемые по умолчанию пороговые значения и коэффициенты берутся из `postgresql.conf`, однако их (и многие другие параметры, управляющие автоочисткой) можно переопределить для каждой таблицы; за подробностями обратитесь к Подразделу «Параметры хранения». Если какие-либо значения определены через параметры хранения таблицы, при обработке этой таблицы действуют они, а в противном случае — глобальные параметры. За более подробной информацией о глобальных параметрах обратитесь к Разделу 19.10.

Когда выполняются несколько рабочих процессов, параметры задержки автоочистки по стоимости (см. Подраздел 19.4.4) «распределяются» между всеми этими процессами, так что общее воздействие на систему остаётся неизменным, независимо от их числа. Однако этот алгоритм распределения нагрузки не учитывает процессы, обрабатывающие таблицы с индивидуальными значениями параметров хранения `autovacuum_vacuum_cost_delay` и `autovacuum_vacuum_cost_limit`.

24.2. Регулярная переиндексация

В некоторых ситуациях стоит периодически перестраивать индексы, выполняя команду `REINDEX` или последовательность отдельных шагов по восстановлению индексов.

Страницы индексов на основе В-деревьев, которые стали абсолютно пустыми, могут быть использованы повторно. Однако возможность неэффективного использования пространства всё же остаётся: если со страницы были удалены почти все, но не все ключи индекса, страница всё равно остаётся занятой. Следовательно, шаблон использования, при котором со временем удаляются многие, но не все ключи в каждом диапазоне, приведёт к неэффективному расходованию пространства. В таких случаях рекомендуется периодически проводить переиндексацию.

Возможность потери пространства в индексах на основе не В-деревьев глубоко не исследовалась. Поэтому имеет смысл периодически отслеживать физический размер индекса, когда применяется индекс такого типа.

Кроме того, с В-деревьями доступ по недавно построенному индексу осуществляется немного быстрее, нежели доступ по индексу, который неоднократно изменялся, поскольку в недавно построенном индексе страницы, близкие логически, обычно расположены так же близко и физически. (Это соображение неприменимо к индексам, которые основаны не на В-деревьях.) Поэтому периодически проводить переиндексацию стоит хотя бы для того, чтобы увеличить скорость доступа.

Команду `REINDEX` можно безопасно и просто применять во всех случаях. Но так как она требует исключительной блокировки таблицы, часто предпочтительнее перестраивать индекс в несколько этапов, включающих создание и замену индекса. Типы индексов, которые поддерживает `CREATE INDEX` с указанием `CONCURRENTLY`, можно построить именно так. Если это удастся и получен рабо-

чий индекс, изначальный индекс можно заменить им, выполнив ALTER INDEX и DROP INDEX. Когда индекс используется для обеспечения уникальности или других ограничений, может потребоваться команда ALTER TABLE, чтобы поменять существующее ограничение на то, что обеспечивает новый индекс. Обстоятельно продумайте эту многоходовую процедуру, прежде чем выполнять её, так как не все индексы можно перестроить таким образом, и предусмотрите обработку ошибок.

24.3. Обслуживание журнала

Журнал сервера базы данных желательно сохранять где-либо, а не просто сбрасывать его в `/dev/null`. Этот журнал бесценен при диагностике проблем. Однако он может быть очень объёмным (особенно при высоких уровнях отладки), так что хранить его неограниченно долго вы вряд ли захотите. Поэтому необходимо организовать *ротацию* журнальных файлов так, чтобы новые файлы создавались, а старые удалялись через разумный промежуток времени.

Если просто направить `stderr` команды `postgres` в файл, вы получите в нём журнал сообщений, но очистить этот файл можно будет, только если остановить и перезапустить сервер. Это может быть допустимо при использовании PostgreSQL в среде разработки, но вряд ли такой вариант будет приемлемым в производственной среде.

Лучшим подходом будет перенаправление вывода сервера `stderr` в какую-либо программу ротации журнальных файлов. Существует и встроенное средство ротации журнальных файлов, которое можно использовать, установив для параметра `logging_collector` значение `true` в `postgresql.conf`. Параметры, управляющие этой программой, описаны в Подразделе 19.8.1. Этот подход также можно использовать для получения содержимого журнала в формате CSV (значения, разделённые запятыми).

Вы также можете использовать внешнюю программу для ротации журнальных файлов, если уже применяете такое приложение для других серверных приложений. Например, утилиту `rotatelogs`, включённую в дистрибутив Apache, можно использовать и с PostgreSQL. Для этого просто направьте вывод `stderr` сервера в желаемую программу. Если вы запускаете сервер, используя `pg_ctl`, то `stderr` уже будет перенаправлен в `stdout`, так что будет достаточно просто применить конвейер, например:

```
pg_ctl start | rotatelogs /var/log/pgsql_log 86400
```

Ещё одно решение промышленного уровня заключается в передаче журнала в `syslog`, чтобы ротацией файлов занималась уже служба `syslog`. Для этого присвойте параметру конфигурации `log_destination` значение `syslog` (для вывода журнала только в `syslog`) в `postgresql.conf`. Затем вы сможете посылать сигнал `SIGHUP` службе `syslog`, когда захотите принудительно начать запись нового журнального файла. Если вы хотите автоматизировать ротацию журнальных файлов, программу `logrotate` можно настроить и для работы с журнальными файлами, которые формирует `syslog`.

Однако во многих системах, а особенно с большими сообщениями, `syslog` работает не очень надёжно; он может обрезать или терять сообщения как раз тогда, когда они вам нужны. Кроме того, в Linux, `syslogd` сбрасывает каждое сообщение на диск, от чего страдает производительность. (Для отключения этой синхронной записи можно добавить «-» перед именем файла в файле конфигурации `syslog`.)

Обратите внимание, что все описанные выше решения обеспечивают создание новых журнальных файлов через задаваемые промежутки времени, но не удаление старых, ставших бесполезными файлов журналов. Возможно, вы захотите создать задание для периодического удаления старых файлов. Кроме того, вы можете настроить программу ротации файлов так, чтобы старые файлы журналов циклически перезаписывались.

Также вам может быть полезен `pgBadger` — инструмент для сложного анализа файлов журнала. Кроме того, `check_postgres` может посылать уведомления в Nagios, когда в журнале появляются важные сообщения, а также при обнаружении других нестандартных ситуаций.

Глава 25. Резервное копирование и восстановление

Как и всё, что содержит важные данные, базы данных PostgreSQL следует регулярно сохранять в резервной копии. Хотя эта процедура по существу проста, важно чётко понимать лежащие в её основе приёмы и положения.

Существует три фундаментально разных подхода к резервному копированию данных в PostgreSQL:

- Выгрузка в SQL
- Копирование на уровне файлов
- Непрерывное архивирование

Каждый из них имеет свои сильные и слабые стороны; все они обсуждаются в следующих разделах.

25.1. Выгрузка в SQL

Идея, стоящая за этим методом, заключается в генерации текстового файла с командами SQL, которые при выполнении на сервере пересоздадут базу данных в том же самом состоянии, в котором она была на момент выгрузки. PostgreSQL предоставляет для этой цели вспомогательную программу `pg_dump`. Простейшее применение этой программы выглядит так:

```
pg_dump имя_базы > файл_дампа
```

Как видите, `pg_dump` записывает результаты своей работы в устройство стандартного вывода. Далее будет рассмотрено, чем это может быть полезно. В то время как вышеупомянутая команда создаёт текстовый файл, `pg_dump` может создать файлы и в других форматах, которые допускают параллельную обработку и более гибкое управление восстановлением объектов.

Программа `pg_dump` является для PostgreSQL обычным клиентским приложением (хотя и весьма умным). Это означает, что вы можете выполнять процедуру резервного копирования с любого удалённого компьютера, если имеете доступ к нужной базе данных. Но помните, что `pg_dump` не использует для своей работы какие-то специальные привилегии. В частности, ей обычно требуется доступ на чтение всех таблиц, которые вы хотите выгрузить, так что для копирования всей базы данных практически всегда её нужно запускать с правами суперпользователя СУБД. (Если у вас нет достаточных прав для резервного копирования всей базы данных, вы, тем не менее, можете сделать резервную копию той части базы, доступ к которой у вас есть, используя такие параметры, как `-n схема` или `-t таблица`.)

Указать, к какому серверу должна подключаться программа `pg_dump`, можно с помощью аргументов командной строки `-h сервер` и `-p порт`. По умолчанию в качестве сервера выбирается `localhost` или значение, указанное в переменной окружения `PGHOST`. Подобным образом, по умолчанию используется порт, заданный в переменной окружения `PGPORT`, а если она не задана, то порт, указанный по умолчанию при компиляции. (Для удобства при компиляции сервера обычно устанавливается то же значение по умолчанию.)

Как и любое другое клиентское приложение PostgreSQL, `pg_dump` по умолчанию будет подключаться к базе данных с именем пользователя, совпадающим с именем текущего пользователя операционной системы. Чтобы переопределить имя, либо добавьте параметр `-U`, либо установите переменную окружения `PGUSER`. Помните, что `pg_dump` подключается к серверу через обычные механизмы проверки подлинности клиента (которые описываются в Главе 20).

Важное преимущество `pg_dump` в сравнении с другими методами резервного копирования, описанными далее, состоит в том, что вывод `pg_dump` обычно можно загрузить в более новые версии PostgreSQL, в то время как резервная копия на уровне файловой системы и непрерывное архивирование жёстко зависят от версии сервера. Также, только метод с применением `pg_dump` будет работать при переносе базы данных на другую машинную архитектуру, например, при переносе с 32-битной на 64-битную версию сервера.

Дампы, создаваемые `pg_dump`, являются внутренне согласованными, то есть, дамп представляет собой снимок базы данных на момент начала запуска `pg_dump`. `pg_dump` не блокирует другие операции с базой данных во время своей работы. (Исключение составляют операции, которым нужна исключительная блокировка, как например, большинство форм команды `ALTER TABLE`.)

25.1.1. Восстановление дампа

Текстовые файлы, созданные `pg_dump`, предназначены для последующего чтения программой `psql`. Общий вид команды для восстановления дампа:

```
psql имя_базы < файл_дампа
```

где `файл_дампа` — это файл, содержащий вывод команды `pg_dump`. База данных, заданная параметром `имя_базы`, не будет создана данной командой, так что вы должны создать её сами из базы `template0` перед запуском `psql` (например, с помощью команды `createdb -T template0 имя_базы`). Программа `psql` принимает параметры, указывающие сервер, к которому осуществляется подключение, и имя пользователя, подобно `pg_dump`. За дополнительными сведениями обратитесь к справке по `psql`. Дампы, выгруженные не в текстовом формате, восстанавливаются утилитой `pg_restore`.

Перед восстановлением SQL-дампа все пользователи, которые владели объектами или имели права на объекты в выгруженной базе данных, должны уже существовать. Если их нет, при восстановлении будут ошибки пересоздания объектов с изначальными владельцами и/или правами. (Иногда это желаемый результат, но обычно нет).

По умолчанию, если происходит ошибка SQL, программа `psql` продолжает выполнение. Если же запустить `psql` с установленной переменной `ON_ERROR_STOP`, это поведение поменяется и `psql` завершится с кодом 3 в случае возникновения ошибки SQL:

```
psql --set ON_ERROR_STOP=on имя_базы < файл_дампа
```

В любом случае, вы получите только частично восстановленную базу данных. В качестве альтернативы можно указать, что весь дамп должен быть восстановлен в одной транзакции, так что восстановление либо полностью выполнится, либо полностью отменится. Включить данный режим можно, передав `psql` аргумент `-1` или `--single-transaction`. Выбирая этот режим, учтите, что даже незначительная ошибка может привести к откату восстановления, которое могло продолжаться несколько часов. Однако, это всё же может быть предпочтительней, чем вручную вычищать сложную базу данных после частично восстановленного дампа.

Благодаря способности `pg_dump` и `psql` писать и читать каналы ввода/вывода, можно скопировать базу данных непосредственно с одного сервера на другой, например:

```
pg_dump -h host1 имя_базы | psql -h host2 имя_базы
```

Важно

Дампы, которые выдаёт `pg_dump`, содержат определения относительно `template0`. Это означает, что любые языки, процедуры и т. п., добавленные в базу через `template1`, `pg_dump` также выгрузит в дамп. Как следствие, если при восстановлении вы используете модифицированный `template1`, вы должны создать пустую базу данных из `template0`, как показано в примере выше.

После восстановления резервной копии имеет смысл запустить `ANALYZE` для каждой базы данных, чтобы оптимизатор запросов получил полезную статистику; за подробностями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6. Другие советы по эффективной загрузке больших объёмов данных в PostgreSQL вы можете найти в Разделе 14.4.

25.1.2. Использование `pg_dumpall`

Программа `pg_dump` выгружает только одну базу данных в один момент времени и не включает в дамп информацию о ролях и табличных пространствах (так как это информация уровня класте-

ра, а не самой базы данных). Для удобства создания дампа всего содержимого кластера баз данных предоставляется программа `pg_dumpall`, которая делает резервную копию всех баз данных кластера, а также сохраняет данные уровня кластера, такие как роли и определения табличных пространств. Простое использование этой команды:

```
pg_dumpall > файл_дампа
```

Полученную копию можно восстановить с помощью `psql`:

```
psql -f файл_дампа postgres
```

(В принципе, здесь в качестве начальной базы данных можно указать имя любой существующей базы, но если вы загружаете дамп в пустой кластер, обычно нужно использовать `postgres`). Восстанавливать дамп, который выдала `pg_dumpall`, всегда необходимо с правами суперпользователя, так как они требуются для восстановления информации о ролях и табличных пространствах. Если вы используете табличные пространства, убедитесь, что пути к табличным пространствам в дампе соответствуют новой среде.

`pg_dumpall` выдаёт команды, которые заново создают роли, табличные пространства и пустые базы данных, а затем вызывает для каждой базы `pg_dump`. Таким образом, хотя каждая база данных будет внутренне согласованной, состояние разных баз не будет синхронным.

Только глобальные данные кластера можно выгрузить, передав `pg_dumpall` ключ `--globals-only`. Это необходимо, чтобы полностью скопировать кластер, когда `pg_dump` выполняется для отдельных баз данных.

25.1.3. Управление большими базами данных

Некоторые операционные системы накладывают ограничение на максимальный размер файла, что приводит к проблемам при создании больших файлов с помощью `pg_dump`. К счастью, `pg_dump` может писать в стандартный вывод, так что вы можете использовать стандартные инструменты Unix для того, чтобы избежать потенциальных проблем. Вот несколько возможных методов:

Используйте сжатые дампы. Вы можете использовать предпочитаемую программу сжатия, например `gzip`:

```
pg_dump имя_базы | gzip > имя_файла.gz
```

Затем загрузить сжатый дамп можно командой:

```
gunzip -c имя_файла.gz | psql имя_базы
```

или:

```
cat имя_файла.gz | gunzip | psql имя_базы
```

Используйте `split`. Команда `split` может разбивать выводимые данные на небольшие файлы, размер которых удовлетворяет ограничению нижележащей файловой системы. Например, чтобы получить части по 1 мегабайту:

```
pg_dump имя_базы | split -b 1m - имя_файла
```

Восстановить их можно так:

```
cat имя_файла* | psql имя_базы
```

Используйте специальный формат дампа `pg_dump`. Если при сборке PostgreSQL была подключена библиотека `zlib`, дамп в специальном формате будет записываться в файл в сжатом виде. В таком формате размер файла дампа будет близок к размеру, полученному с применением `gzip`, но он лучше тем, что позволяет восстанавливать таблицы выборочно. Следующая команда выгружает базу данных в специальном формате:

```
pg_dump -Fc имя_базы > имя_файла
```

Дамп в специальном формате не является скриптом для `psql` и должен восстанавливаться с помощью команды `pg_restore`, например:

```
pg_restore -d имя_базы имя_файла
```

За подробностями обратитесь к справке по командам `pg_dump` и `pg_restore`.

Для очень больших баз данных может понадобиться сочетать `split` с одним из двух других методов.

Используйте возможность параллельной выгрузки в `pg_dump`. Чтобы ускорить выгрузку большой БД, вы можете использовать режим параллельной выгрузки в `pg_dump`. При этом одновременно будут выгружаться несколько таблиц. Управлять числом параллельных заданий позволяет параметр `-j`. Параллельная выгрузка поддерживается только для формата архива в каталоге.

```
pg_dump -j число -F d -f выходной_каталог имя_базы
```

Вы также можете восстановить копию в параллельном режиме с помощью `pg_restore -j`. Это поддерживается для любого архива в формате каталога или специальном формате, даже если архив создавался не командой `pg_dump -j`.

25.2. Резервное копирование на уровне файлов

Альтернативной стратегией резервного копирования является непосредственное копирование файлов, в которых PostgreSQL хранит содержимое базы данных; в Разделе 18.2 рассказывается, где находятся эти файлы. Вы можете использовать любой способ копирования файлов по желанию, например:

```
tar -cf backup.tar /usr/local/pgsql/data
```

Однако, существуют два ограничения, которые делают этот метод непрактичным или как минимум менее предпочтительным по сравнению с `pg_dump`:

1. Чтобы полученная резервная копия была годной, сервер баз данных *должен* быть остановлен. Такие полумеры, как запрещение всех подключений к серверу, работать *не* будут (отчасти потому что `tar` и подобные средства не получают мгновенный снимок состояния файловой системы, но ещё и потому, что в сервере есть внутренние буферы). Узнать о том, как остановить сервер, можно в Разделе 18.5. Необходимо отметить, что сервер нужно будет остановить и перед восстановлением данных.
2. Если вы ознакомились с внутренней организацией базы данных в файловой системе, у вас может возникнуть соблазн скопировать или восстановить только отдельные таблицы или базы данных в соответствующих файлах или каталогах. Это *не* будет работать, потому что информацию, содержащуюся в этих файлах, нельзя использовать без файлов журналов транзакций, `pg_xact/*`, которые содержат состояние всех транзакций. Без этих данных файлы таблиц непригодны к использованию. Разумеется также невозможно восстановить только одну таблицу и соответствующие данные `pg_xact`, потому что в результате нерабочими станут все другие таблицы в кластере баз данных. Таким образом, копирование на уровне файловой системы будет работать, только если выполняется полное копирование и восстановление всего кластера баз данных.

Ещё один подход к резервному копированию файловой системы заключается в создании «целостного снимка» каталога с данными, если это поддерживает файловая система (и вы склонны считать, что эта функциональность реализована корректно). Типичная процедура включает создание «замороженного снимка» тома, содержащего базу данных, затем копирование всего каталога с данными (а не его избранных частей, см. выше) из этого снимка на устройство резервного копирования, и наконец освобождение замороженного снимка. При этом сервер базы данных может не прекращать свою работу. Однако резервная копия, созданная таким способом, содержит файлы базы данных в таком состоянии, как если бы сервер баз данных не был остановлен штатным образом; таким образом, когда вы запустите сервер баз данных с сохранёнными данными, он будет считать, что до этого процесс сервера был прерван аварийно, и будет накатывать журнал WAL. Это не проблема, просто имейте это в виду (и обязательно включите файлы WAL в резервную копию). Чтобы сократить время восстановления, можно выполнить команду `CHECKPOINT` перед созданием снимка.

Если ваша база данных размещена в нескольких файловых системах, получить в точности одновременно замороженные снимки всех томов может быть невозможно. Например, если файлы данных

и журналы WAL находятся на разных дисках или табличные пространства расположены в разных файловых системах, резервное копирование со снимками может быть неприменимо, потому что снимки *должны* быть одновременными. В таких ситуациях очень внимательно изучите документацию по вашей файловой системе, прежде чем довериться технологии согласованных снимков.

Если одновременные снимки невозможны, остаётся вариант с остановкой сервера баз данных на время, достаточное для получения всех замороженных снимков. Другое возможное решение — получить базовую копию путём непрерывного архивирования (см. Подраздел 25.3.2), такие резервные копии не могут пострадать от изменений файловой системы в процессе резервного копирования. Для этого требуется включить непрерывное архивирование только на время резервного копирования; для восстановления применяется процедура восстановления из непрерывного архива (Подраздел 25.3.4).

Ещё один вариант — копировать содержимое файловой системы с помощью `rsync`. Для этого `rsync` запускается сначала во время работы сервера баз данных, а затем сервер останавливается на время, достаточное для запуска `rsync --checksum`. (Ключ `--checksum` необходим, потому что `rsync` различает время только с точностью до секунд.) Во второй раз `rsync` отработает быстрее, чем в первый, потому что скопировать надо будет относительно немного данных; и в итоге будет получен согласованный результат, так как сервер был остановлен. Данный метод позволяет получить копию на уровне файловой системы с минимальным временем простоя.

Обратите внимание, что размер копии на уровне файлов обычно больше, чем дампа SQL. (Программе `pg_dump` не нужно, например, записывать содержимое индексов, достаточно команд для их пересоздания). Однако копирование на уровне файлов может выполняться быстрее.

25.3. Непрерывное архивирование и восстановление на момент времени (Point-in-Time Recovery, PITR)

Всё время в процессе работы PostgreSQL ведёт журнал *предзаписи* (WAL), который расположен в подкаталоге `pg_wal/` каталога с данными кластера баз данных. В этот журнал записываются все изменения, вносимые в файлы данных. Прежде всего, журнал существует для безопасного восстановления после краха сервера: если происходит крах, целостность СУБД может быть восстановлена в результате «воспроизведения» записей, зафиксированных после последней контрольной точки. Однако наличие журнала делает возможным использование третьей стратегии копирования баз данных: можно сочетать резервное копирование на уровне файловой системы с копированием файлов WAL. Если потребуется восстановить данные, мы можем восстановить копию файлов, а затем воспроизвести журнал из скопированных файлов WAL, и таким образом привести систему в нужное состояние. Такой подход более сложен для администрирования, чем любой из описанных выше, но он имеет значительные преимущества:

- В качестве начальной точки для восстановления необязательно иметь полностью согласованную копию на уровне файлов. Внутренняя несогласованность копии будет исправлена при воспроизведении журнала (практически то же самое происходит при восстановлении после краха). Таким образом, согласованный снимок файловой системы не требуется, вполне можно использовать `tar` или похожие средства архивации.
- Поскольку при воспроизведении можно обрабатывать неограниченную последовательность файлов WAL, непрерывную резервную копию можно получить, просто продолжая архивировать файлы WAL. Это особенно ценно для больших баз данных, полные резервные копии которых делать как минимум неудобно.
- Воспроизводить все записи WAL до самого конца нет необходимости. Воспроизведение можно остановить в любой точке и получить целостный снимок базы данных на этот момент времени. Таким образом, данная технология поддерживает *восстановление на момент времени*: можно восстановить состояние базы данных на любое время с момента создания резервной копии.
- Если непрерывно передавать последовательность файлов WAL другому серверу, получившему данные из базовой копии того же кластера, получается система *тёплого резерва*: в любой

момент мы можем запустить второй сервер и он будет иметь практически текущую копию баз данных.

Примечание

Программы `pg_dump` и `pg_dumpall` не создают копии на уровне файловой системы и не могут применяться как часть решения по непрерывной архивации. Создаваемые ими копии являются логическими и не содержат информации, необходимой для воспроизведения WAL.

Как и обычное резервное копирование файловой системы, этот метод позволяет восстанавливать только весь кластер баз данных целиком, но не его части. Кроме того, для архивов требуется большое хранилище: базовая резервная копия может быть объёмной, а нагруженные системы будут генерировать многие мегабайты трафика WAL, который необходимо архивировать. Тем не менее, этот метод резервного копирования предпочитается во многих ситуациях, где необходима высокая надёжность.

Для успешного восстановления с применением непрерывного архивирования (также называемого «оперативным резервным копированием» многими разработчиками СУБД), вам необходима непрерывная последовательность заархивированных файлов WAL, начинающаяся не позже, чем с момента начала копирования. Так что для начала вы должны настроить и протестировать процедуру архивирования файлов WAL *до того*, как получите первую базовую копию. Соответственно, сначала мы обсудим механику архивирования файлов WAL.

25.3.1. Настройка архивирования WAL

В абстрактном смысле, запущенная СУБД PostgreSQL производит неограниченно длинную последовательность записей WAL. СУБД физически делит эту последовательность на *файлы сегментов* WAL, которые обычно имеют размер 16 МиБ (хотя размер сегмента может быть изменён при `initdb`). Файлы сегментов получают цифровые имена, которые отражают их позицию в абстрактной последовательности WAL. Когда архивирование WAL не применяется, система обычно создаёт только несколько файлов сегментов и затем «перерабатывает» их, меняя номер в имени ставшего ненужным файла на больший. Предполагается, что файлы сегментов, содержимое которых предшествует последней контрольной точке, уже не представляют интереса и могут быть переработаны.

При архивировании данных WAL необходимо считывать содержимое каждого файла-сегмента, как только он заполняется, и сохранять эти данные куда-то, прежде чем файл-сегмент будет переработан и использован повторно. В зависимости от применения и доступного аппаратного обеспечения, возможны разные способы «сохранить данные куда-то»: можно скопировать файлы-сегменты в смонтированный по NFS каталог на другую машину, записать их на ленту (убедившись, что у вас есть способ идентифицировать исходное имя каждого файла) или собрать их в пакет и записать на CD, либо какие-то совсем другие варианты. Чтобы у администратора баз данных была гибкость в этом плане, PostgreSQL пытается не делать каких-либо предположений о том, как будет выполняться архивация. Вместо этого, PostgreSQL позволяет администратору указать команду оболочки, которая будет запускаться для копирования завершённого файла-сегмента в нужное место. Эта команда может быть простой как `cp`, а может вызывать сложный скрипт оболочки — это решать вам.

Чтобы включить архивирование WAL, установите в параметре конфигурации `wal_level` уровень `replica` (или выше), в `archive_mode` — значение `on`, и задайте желаемую команду оболочки в параметре `archive_command`. На практике эти параметры всегда задаются в файле `postgresql.conf`. В `archive_command` символы `%p` заменяются полным путём к файлу, подлежащему архивации, а `%f` заменяются только именем файла. (Путь задаётся относительно текущего рабочего каталога, т. е. каталога данных кластера). Если в команду нужно включить сам символ `%`, запишите `%%`. Простейшая команда, которая может быть полезна:

```
archive_command = 'test ! -f /mnt/server/archivedir/%f && cp %p /mnt/server/archivedir/%f' # Unix
archive_command = 'copy "%p" "C:\\server\\archivedir\\%f"' # Windows
```

Она будет копировать архивируемые сегменты WAL в каталог /mnt/server/archivedir. (Команда дана как пример, а не как рекомендация, и может не работать на всех платформах.) После замены параметров %p и %f фактически запускаемая команда может выглядеть так:

```
test ! -f /mnt/server/archivedir/00000001000000A9000000065 && cp  
pg_wal/00000001000000A9000000065 /mnt/server/archivedir/00000001000000A9000000065
```

Подобная команда будет генерироваться для каждого следующего архивируемого файла.

Команда архивирования будет запущена от имени того же пользователя, от имени которого работает сервер PostgreSQL. Поскольку архивируемые последовательности файлов WAL фактически содержат всё, что есть в вашей базе данных, вам нужно будет защитить архивируемые данные от посторонних глаз; например, сохраните архив в каталог, чтение которого запрещено для группы и остальных пользователей.

Важно, чтобы команда архивирования возвращала нулевой код завершения, если и только если она завершилась успешно. Получив нулевой результат, PostgreSQL будет полагать, что файл успешно заархивирован и удалит его или переработает. Однако, ненулевой код состояния скажет PostgreSQL, что файл не заархивирован; попытки заархивировать его будут периодически повторяться, пока это не удастся.

Команда архивирования обычно разрабатывается так, чтобы не допускать перезаписи любых существующих архивных файлов. Это важная мера безопасности, позволяющая сохранить целостность архива в случае ошибки администратора (например, если архивируемые данные двух разных серверов будут сохраняться в одном каталоге).

Рекомендуется протестировать команду архивирования, чтобы убедиться, что она действительно не перезаписывает существующие файлы, и что она *возвращает ненулевое состояние в этом случае*. В показанной выше команде для Unix для этого добавлен отдельный шаг `test`. На некоторых платформах Unix у `cp` есть ключ `-i`, который позволяет сделать то же, но менее явно; но не проверив, какой код состояния при этом возвращается, полагаться на этот ключ не следует. (В частности, GNU `cp` возвратит нулевой код состояния, если используется ключ `-i` и целевой файл существует, а это *не то*, что нужно.)

Разрабатывая схему архивирования, подумайте, что произойдёт, если команда архивирования начнёт постоянно выдавать ошибку, потому что требуется вмешательство оператора или для архивирования не хватает места. Например, это может произойти, если вы записываете архивы на ленточное устройство без механизма автозамены; когда лента заполняется полностью, больше ничего архивироваться не будет, пока вы не замените кассету. Вы должны убедиться, что любые возникающие ошибки или обращения к человеку (оператору), обрабатываются так, чтобы проблема решалась достаточно быстро. Пока она не разрешится, каталог `pg_wal/` продолжит наполняться файлами-сегментами WAL. (Если файловая система, в которой находится каталог `pg_wal/` заполнится до конца, PostgreSQL завершит свою работу аварийно. Зафиксированные транзакции не потеряются, но база данных не будет работать, пока вы не освободите место.)

Не важно, с какой скоростью работает команда архивирования, если только она не ниже средней скорости, с которой сервер генерирует записи WAL. Обычно работа продолжается, даже если процесс архивирования немного отстаёт. Если же архивирование отстаёт значительно, это приводит к увеличению объёма данных, которые могут быть потеряны в случае аварии. При этом каталог `pg_wal/` будет содержать большое количество ещё не заархивированных файлов-сегментов, которые в конце концов могут занять всё доступное дисковое пространство. Поэтому рекомендуется контролировать процесс архивации и следить за тем, чтобы он выполнялся как задумано.

При написании команды архивирования вы должны иметь в виду, что имена файлов для архивирования могут иметь длину до 64 символов и содержать любые комбинации из цифр, точек и букв ASCII. Сохранять исходный относительный путь (%p) необязательно, но необходимо сохранять имя файла (%f).

Обратите внимание, что хотя архивирование WAL позволяет сохранить любые изменения данных, произведённые в базе данных PostgreSQL, оно не затрагивает изменения, внесённые в configura-

ционные файлы (такие как `postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и `pg_ident.conf`), поскольку эти изменения выполняются вручную, а не через SQL. Поэтому имеет смысл разместить конфигурационные файлы там, где они будут заархивированы обычными процедурами копирования файлов. Как перемещать конфигурационные файлы, рассказывается в Разделе 19.2.

Команда архивирования вызывается, только когда сегмент WAL заполнен до конца. Таким образом, если сервер постоянно генерирует небольшой трафик WAL (или есть продолжительные периоды, когда это происходит), между завершением транзакций и их безопасным сохранением в архиве может образоваться большая задержка. Чтобы ограничить время жизни неархивированных данных, можно установить `archive_timeout`, чтобы сервер переключался на новый файл сегмента WAL как минимум с заданной частотой. Заметьте, что неполные файлы, архивируемые досрочно из-за принудительного переключения по тайм-ауту, будут иметь тот же размер, что и заполненные файлы. Таким образом, устанавливать очень маленький `archive_timeout` — неразумно; это приведёт к неэффективному заполнению архива. Обычно подходящее значение `archive_timeout` — минута или около того.

Также вы можете принудительно переключить сегмент WAL вручную с помощью `pg_switch_wal`, если хотите, чтобы только что завершённая транзакция заархивировалась как можно скорее. Другие полезные функции, относящиеся к управлению WAL, перечисляются в Таблице 9.79.

Когда `wal_level` имеет значение `minimal`, некоторые команды SQL выполняются в обход журнала WAL, как описывается в Подразделе 14.4.7. Если архивирование или потоковая репликация были включены во время выполнения таких операторов, WAL не будет содержать информацию, необходимую для восстановления. (На восстановление после краха это не распространяется). Поэтому `wal_level` можно изменить только при запуске сервера. Однако, чтобы изменить команду `archive_command`, достаточно перезагрузить файл конфигурации. Если вы хотите на время остановить архивирование, это можно сделать, задав в качестве значения `archive_command` пустую строку (`''`). В результате файлы WAL будут накапливаться в каталоге `pg_wal/`, пока не будет восстановлена действующая команда `archive_command`.

25.3.2. Создание базовой резервной копии

Проще всего получить базовую резервную копию, используя программу `pg_basebackup`. Эта программа сохраняет базовую копию в виде обычных файлов или в архиве `tar`. Если гибкости `pg_basebackup` не хватает, вы также можете получить базовую резервную копию, используя низкоуровневый API (см. Подраздел 25.3.3).

Продолжительность создания резервной копии обычно не имеет большого значения. Однако, если вы эксплуатируете сервер с отключённым режимом `full_page_writes`, вы можете заметить падение производительности в процессе резервного копирования, так как режим `full_page_writes` включается принудительно на время резервного копирования.

Чтобы резервной копией можно было пользоваться, нужно сохранить все файлы сегментов WAL, сгенерированные во время и после копирования файлов. Для облегчения этой задачи, процесс создания базовой резервной копии записывает *файл истории резервного копирования*, который немедленно сохраняется в области архивации WAL. Данный файл получает имя по имени файла первого сегмента WAL, который потребуется для восстановления скопированных файлов. Например, если начальный файл WAL назывался `0000000100001234000055CD`, файл истории резервного копирования получит имя `0000000100001234000055CD.007C9330.backup`. (Вторая часть имени файла обозначает точную позицию внутри файла WAL и обычно может быть проигнорирована.) Как только вы заархивировали копии файлов данных и файлов сегментов WAL, полученных в процессе копирования (по сведениям в файле истории резервного копирования), все заархивированные сегменты WAL с именами, меньшими по номеру, становятся ненужными для восстановления файловой копии и могут быть удалены. Но всё же рассмотрите возможность хранения нескольких наборов резервных копий, чтобы быть абсолютно уверенными, что вы сможете восстановить ваши данные.

Файл истории резервного копирования — это просто небольшой текстовый файл. В него записывается метка, которая была передана `pg_basebackup`, а также время и текущие сегменты WAL в

момент начала и завершения резервной копии. Если вы связали с данной меткой соответствующий файл дампа, то заархивированного файла истории достаточно, чтобы найти файл дампа, нужный для восстановления.

Поскольку необходимо хранить все заархивированные файлы WAL с момента последней базовой резервной копии, интервал базового резервного копирования обычно выбирается в зависимости от того, сколько места может быть выделено для архива файлов WAL. Также стоит отталкиваться от того, сколько вы готовы ожидать восстановления, если оно понадобится — системе придётся воспроизвести все эти сегменты WAL, а этот процесс может быть долгим, если с момента последней базовой копии прошло много времени.

25.3.3. Создание базовой резервной копии через низкоуровневый API

Процедура создания базовой резервной копии с использованием низкоуровневого API содержит чуть больше шагов, чем метод `pg_basebackup`, но всё же относительно проста. Очень важно, чтобы эти шаги выполнялись по порядку, и следующий шаг выполнялся, только если предыдущий успешен.

Резервное копирование на низком уровне можно произвести в монопольном или немонопольном режиме. Рекомендуется применять немонопольный метод, а монопольный считается устаревшим и в конце концов будет ликвидирован.

25.3.3.1. Немонопольное резервное копирование на низком уровне

Немонопольное резервное копирование позволяет параллельно запускать другие процессы копирования (используя тот же API или `pg_basebackup`).

1. Убедитесь, что архивирование WAL включено и работает.
2. Подключитесь к серверу (к любой базе данных) как пользователь с правами на выполнение `pg_start_backup` (суперпользователь или пользователь, которому дано право EXECUTE для этой функции) и выполните команду:

```
SELECT pg_start_backup('label', false, false);
```

где `label` — любая метка, по которой можно однозначно идентифицировать данную операцию резервного копирования. Соединение, через которое вызывается `pg_start_backup`, должно поддерживаться до окончания резервного копирования, иначе этот процесс будет автоматически прерван.

По умолчанию `pg_start_backup` может выполняться длительное время. Это объясняется тем, что функция выполняет контрольную точку, а операции ввода/вывода, требуемые для этого, распределяются в интервале времени, по умолчанию равном половине интервала между контрольными точками (см. параметр `checkpoint completion target`). Обычно это вполне приемлемо, так как при этом минимизируется влияние на выполнение других запросов. Если же вы хотите начать резервное копирование максимально быстро, передайте во втором параметре `true`. В этом случае контрольная точка будет выполнена немедленно без ограничения объёма ввода/вывода.

Третий параметр, имеющий значение `false`, указывает `pg_start_backup` начать немонопольное базовое копирование.

3. Скопируйте файлы, используя любое удобное средство резервного копирования, например, `tag` или `cpio` (не `pg_dump` или `pg_dumpall`). В процессе копирования останавливать работу базы данных не требуется, это ничего не даёт. В Подразделе 25.3.3.3 описано, что следует учитывать в процессе копирования.
4. Через то же подключение, что и раньше, выполните команду:

```
SELECT * FROM pg_stop_backup(false, true);
```

При этом сервер выйдет из режима резервного копирования. Ведущий сервер вместе с этим автоматически переключится на следующий сегмент WAL. На ведомом автоматическое переключе-

чение сегментов WAL невозможно, поэтому вы можете выполнить `pg_switch_wal` на ведущем, чтобы произвести переключение вручную. Такое переключение позволяет получить готовый к архивированию последний сегмент WAL, записанный в процессе резервного копирования.

Функция `pg_stop_backup` возвратит одну строку с тремя значениями. Второе из них нужно записать в файл `backup_label` в корневой каталог резервной копии. Третье значение, если оно не пустое, должно быть записано в файл `tablespace_map`. Эти значения крайне важны для восстановления копии и должны записываться без изменений.

- После этого останется заархивировать файлы сегментов WAL, активных во время создания резервной копии, и процедура резервного копирования будет завершена. Функция `pg_stop_backup` в первом значении результата указывает, какой последний сегмент требуется для формирования полного набора файлов резервной копии. На ведущем сервере, если включён режим архивации (параметр `archive_mode`) и аргумент `wait_for_archive` равен `true`, функция `pg_stop_backup` не завершится, пока не будет заархивирован последний сегмент. На ведомом значением `archive_mode` должно быть `always`, чтобы `pg_stop_backup` ожидала архивации. Эти файлы будут заархивированы автоматически, поскольку также должна быть настроена команда `archive_command`. Чаще всего это происходит быстро, но мы советуем наблюдать за системой архивации и проверять, не возникают ли задержки. Если архивирование остановится из-за ошибок команды архивации, попытки архивации будут продолжаться до успешного завершения, и только тогда резервная копия будет завершена. Если вы хотите ограничить время выполнения `pg_stop_backup`, установите соответствующее значение в `statement_timeout`, но заметьте, что в случае прерывания `pg_stop_backup` по времени резервная копия может оказаться негодной.

Если в процедуре резервного копирования предусмотрено отслеживание и архивация всех файлов сегментов WAL, необходимых для резервной копии, то в аргументе `wait_for_archive` (по умолчанию равно `true`) можно передать `false`, чтобы функция `pg_stop_backup` завершилась сразу, как только в WAL будет помещена запись о завершении копирования. По умолчанию `pg_stop_backup` будет ждать окончания архивации всех файлов WAL, что может занять некоторое время. Использовать этот параметр следует с осторожностью: если архивация WAL не контролируется, в резервной копии могут оказаться не все необходимые файлы WAL и её нельзя будет восстановить.

25.3.3.2. Монопольное резервное копирование на низком уровне

Монопольное резервное копирование во многом похоже на немонопольное, но имеет несколько важных отличий. Такое копирование можно произвести только на ведущем сервере, и оно исключает одновременное выполнение других процессов копирования. До PostgreSQL 9.6 это был единственный возможный метод низкоуровневого копирования, но сейчас пользователям рекомендуется по возможности подкорректировать свои скрипты и перейти к использованию немонопольного варианта.

- Убедитесь, что архивирование WAL включено и работает.
- Подключитесь к серверу (к любой базе данных) как пользователь с правами на выполнение `pg_start_backup` (суперпользователь или пользователь, которому дано право EXECUTE для этой функции) и выполните команду:

```
SELECT pg_start_backup('label');
```

где `label` — любая метка, по которой можно однозначно идентифицировать данную операцию резервного копирования. Функция `pg_start_backup` создаёт в каталоге кластера файл *метки резервного копирования*, называемый `backup_label`, в который помещается информация о резервной копии, включающая время начала и строку метки. Эта функция также создаёт в каталоге кластера файл *карты табличных пространств*, называемый `tablespace_map`, с информацией о символических ссылках табличных пространств в `pg_tblspc/`, если такие ссылки есть. Оба файла важны для целостности резервных копии и понадобятся при восстановлении.

По умолчанию `pg_start_backup` может выполняться длительное время. Это объясняется тем, что функция выполняет контрольную точку, а операции ввода/вывода, требуемые для этого, распределяются в интервале времени, по умолчанию равном половине интервала между контроль-

ными точками (см. параметр `checkpoint_completion_target`). Обычно это вполне приемлемо, так как при этом минимизируется влияние на выполнение других запросов. Если же вы хотите начать резервное копирование максимально быстро, выполните:

```
SELECT pg_start_backup('label', true);
```

При этом контрольная точка будет выполнена как можно скорее.

3. Скопируйте файлы, используя любое удобное средство резервного копирования, например, `tar` или `cpio` (не `pg_dump` или `pg_dumpall`). В процессе копирования останавливать работу базы данных не требуется, это ничего не даёт. В Подразделе 25.3.3.3 описано, что следует учитывать в процессе копирования.

Заметьте, что в случае сбоя сервера во время резервного копирования для успешного его перезапуска может потребоваться вручную удалить файл `backup_label` из каталога `PGDATA`.

4. Снова подключитесь к базе данных как пользователь с правами на выполнение `pg_stop_backup` (суперпользователь или пользователь, которому дано право `EXECUTE` для этой функции) и выполните команду:

```
SELECT pg_stop_backup();
```

Эта функция завершит режим резервного копирования и автоматически переключится на следующий сегмент WAL. Это переключение выполняется для того, чтобы файл последнего сегмента WAL, записанного во время копирования, был готов к архивации.

5. После этого останется заархивировать файлы сегментов WAL, активных во время создания резервной копии, и процедура резервного копирования будет завершена. Функция `pg_stop_backup` возвращает указание на файл последнего сегмента, который требуется для формирования полного набора файлов резервной копии. Если включён режим архивации (параметр `archive_mode`), функция `pg_stop_backup` не завершится, пока не будет заархивирован последний сегмент. В этом случае файлы будут заархивированы автоматически, поскольку также должна быть настроена команда `archive_command`. Чаще всего это происходит быстро, но мы советуем наблюдать за системой архивации и проверять, не возникают ли задержки. Если архивирование остановится из-за ошибок команды архивации, попытки архивации будут продолжаться до успешного завершения, и только тогда резервная копия будет завершена. Если вы хотите ограничить время выполнения `pg_stop_backup`, установите соответствующее значение в `statement_timeout`, но заметьте, что в случае прерывания `pg_stop_backup` по времени резервная копия может оказаться негодной.

25.3.3.3. Копирование каталога данных

Некоторые средства резервного копирования файлов выдают предупреждения или ошибки, если файлы, которые они пытаются скопировать, изменяются в процессе копирования. При получении базовой резервной копии активной базы данных это вполне нормально и не является ошибкой. Однако, вам нужно знать, как отличить ошибки такого рода от реальных ошибок. Например, некоторые версии `rsync` возвращают отдельный код выхода для ситуации «исчезнувшие исходные файлы», и вы можете написать управляющий скрипт, который примет этот код как не ошибочный. Также некоторые версии `GNU tar` возвращают код выхода, неотличимый от кода фатальной ошибки, если файл был усечён, когда `tar` копировал его. К счастью, `GNU tar` версий 1.16 и более поздних завершается с кодом 1, если файл был изменён во время копирования, и 2 в случае других ошибок. С `GNU tar` версии 1.23 и более поздними, вы можете использовать следующие ключи `--warning=no-file-changed` `--warning=no-file-removed`, чтобы скрыть соответствующие предупреждения.

Убедитесь, что ваша резервная копия включает все файлы из каталога кластера баз данных (например, `/usr/local/pgsql/data`). Если вы используете табличные пространства, которые находятся не внутри этого каталога, не забудьте включить и их в резервную копию (также важно, чтобы при создании резервной копии символичные ссылки сохранялись как ссылки, иначе табличные пространства будут повреждены при восстановлении).

Однако следует исключить из резервной копии файлы в подкаталоге данных кластера `pg_wal/`. Эту небольшую корректировку стоит внести для снижения риска ошибок при восстановлении. Это лег-

ко организовать, если `pg_wal/` — символическая ссылка на каталог за пределами каталога данных (так часто делают из соображений производительности). Также имеет смысл исключить файлы `postmaster.pid` и `postmaster.opts`, содержащие информацию о работающем процессе `postmaster` (а не о том процессе `postmaster`, который будет восстанавливать эту копию). (Эти файлы могут ввести `pg_ctl` в заблуждение.)

Часто также стоит исключить из резервной копии каталог `pg_replslot/` кластера, чтобы слоты репликации, существующие на главном сервере, не попадали в копию. В противном случае, при последующем восстановлении копии на резервном сервере может получиться так, что он будет неограниченно долго сохранять файлы WAL, а главный не будет очищаться, если он следит за горячим резервом, так как клиенты этих слотов репликации будут продолжать подключаться и изменять состояние слотов на главном, а не резервном сервере. Даже если резервная копия предназначена только для создания нового главного сервера, копирование слотов репликации вряд ли принесёт пользу, так как к моменту включения в работу этого нового сервера содержимое этих слотов станет абсолютно неактуальным.

Содержимое каталогов `pg_dynshmem/`, `pg_notify/`, `pg_serial/`, `pg_snapshots/`, `pg_stat_tmp/` и `pg_subtrans/` (но не сами эти каталоги) можно исключить из резервной копии, так как оно будет инициализировано при запуске главного процесса. Если переменная `stats_temp_directory` установлена и указывает на подкаталог внутри каталога данных, содержимое этого подкаталога также можно не копировать.

Из резервной копии можно исключить и файлы и подкаталоги с именами, начинающимся с `pgsql_tmp`. Эти файлы удаляются при запуске главного процесса, а каталоги создаются по мере необходимости.

Из резервной копии могут быть исключены файлы `pg_internal.init`. Такие файлы содержат кешируемые данные отношения и всегда перестраиваются при восстановлении.

В файл метки резервной копии записывается строка метки, заданная при вызове `pg_start_backup`, время запуска функции `pg_start_backup` и имя начального файла WAL. Таким образом, в случае сомнений можно заглянуть внутрь архива резервной копии и точно определить, в каком сеансе резервного копирования он был создан. Файл карты табличных пространств содержит имена символических ссылок, как они существуют в каталоге `pg_tblspc/`, и полный путь каждой символической ссылки. Эти файлы не только к вашему сведению; их существование и содержание важны для правильного проведения процесса восстановления системы.

Вы также можете создать резервную копию, когда сервер остановлен. В этом случае, вы, очевидно, не сможете вызвать `pg_start_backup` или `pg_stop_backup`, и следовательно, вам надо будет самостоятельно как-то идентифицировать резервные копии и понимать, какие файлы WAL должны быть заархивированы. Поэтому обычно всё-таки лучше следовать вышеописанной процедуре непрерывного архивирования.

25.3.4. Восстановление непрерывной архивной копии

Допустим, худшее случилось и вам необходимо восстановить базу данных из резервной копии. Порядок действий таков:

1. Остановите сервер баз данных, если он запущен.
2. Если у вас есть место для этого, скопируйте весь текущий каталог кластера баз данных и все табличные пространства во временный каталог на случай, если они вам понадобятся. Учтите, что эта мера предосторожности требует, чтобы свободного места на диске было достаточно для размещения двух копий существующих данных. Если места недостаточно, необходимо сохранить как минимум содержимое подкаталога `pg_wal` каталога кластера, так как он может содержать журналы, не попавшие в архив перед остановкой системы.
3. Удалите все существующие файлы и подкаталоги из каталога кластера и из корневых каталогов используемых табличных пространств.
4. Восстановите файлы базы данных из архивной копии файлов. Важно, чтобы у восстановленных файлов были правильные разрешения и правильный владелец (пользователь, запускающий сер-

вер, а не `root`!). Если вы используете табличные пространства, убедитесь также, что символичные ссылки в `pg_tblspc/` восстановились корректно.

5. Удалите все файлы из `pg_wal/`; они восстановились из резервной копии файлов и поэтому, скорее всего, будут старше текущих. Если вы вообще не архивировали `pg_wal/`, создайте этот каталог с правильными правами доступа, но если это была символическая ссылка, восстановите её.
6. Если на шаге 2 вы сохранили незаархивированные файлы с сегментами WAL, скопируйте их в `pg_wal/`. (Лучше всего именно копировать, а не перемещать их, чтобы у вас остались неизменные файлы на случай, если возникнет проблема и всё придётся начинать сначала.)
7. Создайте командный файл восстановления `recovery.conf` в каталоге кластера баз данных (см. Главу 27). Вы можете также временно изменить `pg_hba.conf`, чтобы обычные пользователи не могли подключаться, пока вы не будете уверены, что восстановление завершилось успешно.
8. Запустите сервер. Сервер запустится в режиме восстановления и начнёт считывать необходимые ему архивные файлы WAL. Если восстановление будет прервано из-за внешней ошибки, сервер можно просто перезапустить и он продолжит восстановление. По завершении процесса восстановления сервер переименует файл `recovery.conf` в `recovery.done` (чтобы предотвратить повторный запуск режима восстановления), а затем перейдёт к обычной работе с базой данных.
9. Просмотрите содержимое базы данных, чтобы убедиться, что вы вернули её к желаемому состоянию. Если это не так, вернитесь к шагу 1. Если всё хорошо, разрешите пользователям подключаться к серверу, восстановив обычный файл `pg_hba.conf`.

Ключевой момент этой процедуры заключается в создании файла конфигурации восстановления, описывающего, как будет выполняться восстановление и до какой точки. В качестве прототипа вы можете использовать файл `recovery.conf.sample` (он обычно помещается в каталог `share/` после установки). Единственное, что совершенно необходимо указать в `recovery.conf` — это команду `restore_command`, которая говорит PostgreSQL, как получать из архива файл-сегменты WAL. Как и `archive_command`, это командная строка для оболочки. Она может содержать символы `%f`, которые заменятся именем требующегося файла журнала, и `%p`, которые заменятся целевым путём для копирования этого файла. (Путь задаётся относительно текущего рабочего каталога, т. е. каталога кластера данных.) Если вам нужно включить в команду сам символ `%`, напишите `%%`. Простейшая команда, которая может быть полезна, такая:

```
restore_command = 'cp /mnt/server/archivedir/%f %p'
```

Эта команда копирует заархивированные ранее сегменты WAL из каталога `/mnt/server/archivedir`. Разумеется, вы можете использовать что-то более сложное, возможно, даже скрипт оболочки, который укажет оператору установить соответствующую ленту.

Важно, чтобы данная команда возвращала ненулевой код возврата в случае ошибки. Эта команда *будет* вызываться и с запросом файлов, отсутствующих в архиве; в этом случае она должна вернуть ненулевое значение и это считается штатной ситуацией. В исключительной ситуации, когда команда была прервана сигналом (кроме `SIGTERM`, который применяется в процессе остановки сервера базы данных) или произошла ошибка оболочки (например, команда не найдена), восстановление будет прервано и сервер не запустится.

Не все запрашиваемые файлы будут сегментами WAL; следует также ожидать запросов файлов с суффиксом `.history`. Также учтите, что базовое имя пути `%p` будет отличаться от `%f`; не думайте, что они взаимозаменяемы.

Сегменты WAL, которые не найдутся в архиве, система будет искать в `pg_wal/`; благодаря этому можно использовать последние незаархивированные сегменты. Однако файлы в `pg_wal/` будут менее предпочтительными, если такие сегменты окажутся в архиве.

Обычно при восстановлении обрабатываются все доступные сегменты WAL и, таким образом, база данных восстанавливается до последнего момента времени (или максимально близкого к нему, в зависимости от наличия сегментов WAL). Таким образом, восстановление обычно завершается с сообщением «файл не найден»; точный текст сообщения об ошибке зависит от того, что делает `restore_command`. Вы также можете увидеть сообщение об ошибке в начале восстановления для

файла с именем типа `00000001.history`. Это также нормально и обычно не говорит о какой-либо проблеме при восстановлении в простых ситуациях; подробнее об этом рассказывается в Подразделе 25.3.5.

Если вы хотите восстановить базу на какой-то момент времени (скажем, до момента, когда неопытный администратор базы данных удалил основную таблицу транзакций), просто укажите требуемую точку остановки в `recovery.conf`. Вы можете задать точку остановки, так называемую «цель восстановления», по дате/времени, именованной точке восстановления или определённом идентификатору транзакции. На момент написания этой документации полезными могут быть только указания даты/времени или имени точки восстановления, пока нет никаких средств, позволяющих точно определить, какой идентификатор транзакции нужно выбрать.

Примечание

Точка остановки должна указывать на момент после окончания базового копирования, т. е. после времени завершения `pg_stop_backup`. Использовать базовую резервную копию для восстановления на момент времени, когда она ещё только создавалась, нельзя. (Чтобы восстановить данные на этот момент времени, придётся вернуться к предыдущей базовой резервной копии и накатывать изменения с этой позиции.)

Если при восстановлении обнаруживаются повреждённые данные WAL, восстановление прерывается в этом месте и сервер не запускается. В этом случае процесс восстановления можно перезапустить с начала, указав «цель восстановления» до точки повреждения, чтобы восстановление могло завершиться нормально. Если восстановление завершается ошибкой из-за внешней причины, например, из-за краха системы или недоступности архива WAL, его можно просто перезапустить, и оно продолжится с того места, где было прервано. Перезапуск восстановления реализован по тому же принципу, что и контрольные точки при обычной работе: сервер периодически сохраняет всё текущее состояние на диске и отражает это в файле `pg_control`, чтобы уже обработанные данные WAL не приходилось сканировать снова.

25.3.5. Линии времени

Возможность восстановить базу данных на некий предыдущий момент времени создаёт некоторые сложности, сродни научно-фантастическим историям о путешествиях во времени и параллельных мирах. Например, предположим, что в начальной истории базы данных вы удалили важную таблицу в 17:15 во вторник, но осознали эту ошибку только в среду в полдень. Вы можете спокойно взять резервную копию, восстановить данные на 17:14 во вторник и запустить сервер. В *этой* истории мира базы данных вы никогда не удаляли вышеупомянутую таблицу. Но предположим, что позже вы заметили, что это была не такая уж хорошая идея и захотели вернуться к утру среды в первоначальной истории базы данных. Вы не сможете сделать это, если в процессе работы базы данных она успеет перезаписать какие-либо файлы-сегменты WAL, приводящие к моменту времени, к которому вы хотите вернуться теперь. Таким образом, для получения желаемого результата необходимо как-то отличать последовательности записей WAL, добавленные после восстановления на какой-то момент времени от тех, что существовали в начальной истории базы данных.

Для решения этой проблемы в PostgreSQL есть такое понятие, как *линия времени*. Всякий раз, когда завершается восстановление из архива, создаётся новая линия времени, позволяющая идентифицировать последовательность записей WAL, добавленных после этого восстановления. Номер линии времени включается в имя файлов-сегментов WAL, так что файлы новой линии времени не перезаписывают файлы WAL, сгенерированные предыдущими линиями времени. Фактически это позволяет архивировать много различных линий времени. Хотя это может показаться бесполезной возможностью, на самом деле она часто бывает спасительной. Представьте, что вы не определились, какую точку времени выбрать для восстановления, и таким образом должны проводить восстановление методом проб и ошибок, пока не найдёте лучший момент для ответвления от старой истории. Без линий времени этот процесс быстро стал бы очень запутанным. А благодаря линиям времени, вы можете вернуться к *любому* предыдущему состоянию, включая состояния в ветках линий времени, покинутых ранее.

Каждый раз, когда образуется новая линия времени, PostgreSQL создаёт файл «истории линии времени», показывающий, от какой линии времени ответвилась данная и когда. Эти файлы истории нужны, чтобы система могла выбрать правильные файлы-сегменты WAL при восстановлении из архива, содержащего несколько линий времени. Таким образом, они помещаются в область архивов WAL так же, как и файлы сегментов WAL. Файлы истории представляют собой небольшие текстовые файлы, так что они не занимают много места и их вполне можно сохранять неограниченно долго (в отличие от файлов сегментов, имеющих большой размер). Если хотите, вы можете добавлять в файл истории комментарии, свои собственные заметки о том, как и почему была создана эта конкретная линия времени. Такие комментарии будут особенно ценны, если в результате экспериментов у вас образуется хитросплетение разных линий времени.

По умолчанию при восстановлении восстанавливается та же линия времени, которая была текущей при создании базовой резервной копии. Если вы хотите восстановить состояние на какой-либо дочерней линии времени, (то есть, хотите вернуться к некоторому состоянию, которое тоже было получено в результате попытки восстановления), вам необходимо указать идентификатор целевой линии времени в `recovery.conf`. Восстановить состояние в линии времени, ответвившейся раньше, чем была сделана базовая резервная копия, нельзя.

25.3.6. Советы и примеры

Ниже мы дадим несколько советов по настройке непрерывного архивирования.

25.3.6.1. Обособленные горячие резервные копии

Средства резервного копирования PostgreSQL можно применять для создания обособленных горячих копий. Эти копии нельзя использовать для восстановления на момент времени, но создаются и восстанавливаются они обычно гораздо быстрее, чем дампы `pg_dump`. (Они также намного больше, чем дампы `pg_dump`, так что в некоторых случаях выигрыш в скорости может быть потерян.)

Как и базовые резервные копии, обособленную горячую копию проще всего получить, используя программу `pg_basebackup`. Если вы вызовете эту программу с параметром `-X`, в эту копию автоматически будет включён весь журнал предзаписи, необходимый для её использования, так что никакие особые действия для восстановления не потребуются.

Если нужна дополнительная гибкость в процессе копирования файлов, создавать обособленные горячие копии можно также на более низком уровне. Чтобы подготовиться к получению такой копии на низком уровне, установите в `wal_level` уровень `replica` (или выше), в `archive_mode` значение `on` и настройте команду `archive_command`, которая будет выполнять архивацию, только когда существует *файл-переключатель*. Например:

```
archive_command = 'test ! -f /var/lib/pgsql/backup_in_progress || (test ! -f /var/lib/pgsql/archive/%f && cp %p /var/lib/pgsql/archive/%f)'
```

Данная команда выполнит архивацию, если будет существовать файл `/var/lib/pgsql/backup_in_progress`, а в противном случае просто вернёт нулевой код возврата (и тогда PostgreSQL сможет переработать ненужный файл WAL).

После такой подготовки резервную копию можно создать, например таким скриптом:

```
touch /var/lib/pgsql/backup_in_progress
psql -c "select pg_start_backup('hot_backup');"
tar -cf /var/lib/pgsql/backup.tar /var/lib/pgsql/data/
psql -c "select pg_stop_backup();"
rm /var/lib/pgsql/backup_in_progress
tar -rf /var/lib/pgsql/backup.tar /var/lib/pgsql/archive/
```

Сначала создаётся файл-переключатель `/var/lib/pgsql/backup_in_progress`, включающий архивирование заполненных файлов WAL. По окончании резервного копирования файл-переключатель удаляется. Затем заархивированные файлы WAL тоже добавляются в резервную копию, так что в одном архиве `tar` оказывается и базовая резервная копия, и все требуемые файлы WAL. Пожалуйста, не забудьте добавить в ваши скрипты резервного копирования обработку ошибок.

25.3.6.2. Сжатие журналов в архиве

Если размер архива имеет большое значение, можно воспользоваться `gzip` и сжимать архивные файлы:

```
archive_command = 'gzip < %p > /var/lib/pgsql/archive/%f'
```

При этом для восстановления придётся использовать `gunzip`:

```
restore_command = 'gunzip < /mnt/server/archivedir/%f > %p'
```

25.3.6.3. Скрипты `archive_command`

Многие в качестве команды `archive_command` используют скрипты, так что запись в `postgresql.conf` оказывается очень простой:

```
archive_command = 'local_backup_script.sh "%p" "%f"'
```

Применять отдельный файл скрипта целесообразно всегда, когда вы хотите использовать в процедуре архивирования несколько команд. Это позволяет управлять сложностью этой процедуры в рамках одного скрипта, который можно написать на любом популярном языке скриптов, например на `bash` или `perl`.

В частности, с помощью скриптов можно решить такие задачи:

- Копирование данных в безопасное внешнее хранилище
- Пакетная обработка файлов WAL, чтобы они передавались каждые три часа, а не по одному
- Взаимодействие с другими приложениями резервного копирования и восстановления
- Взаимодействие со средствами мониторинга, регистрация ошибок

Подсказка

Когда в `archive_command` используется скрипт, желательно включить `logging_collector`. Тогда все сообщения, которые скрипт выведет в `stderr`, будут записываться в журнал сервера баз данных, что позволит легко диагностировать ошибки в сложных конфигурациях.

25.3.7. Ограничения

На момент написания документации методика непрерывного архивирования имеет несколько ограничений. Они могут быть ликвидированы в будущих версиях:

- Если во время создания базовой резервной копии выполняется команда `CREATE DATABASE`, а затем база-шаблон, задействованная в `CREATE DATABASE`, изменяется, пока продолжается копирование, возможно, что при восстановлении эти изменения распространятся также и на созданную базу данных. Конечно, это нежелательно. Во избежание подобных рисков, лучше всего не изменять никакие базы-шаблоны во время получения базовой резервной копии.
- Команды `CREATE TABLESPACE` записываются в WAL с абсолютным путём и, таким образом, при воспроизведении WAL будут выполнены с тем же абсолютным путём. Это может быть нежелательно, если журнал воспроизводится на другой машине. Но опасность есть, даже если журнал воспроизводится на той же машине, но в другом каталоге данных: при воспроизведении будет так же перезаписано содержимое исходных табличных пространств. Чтобы избежать потенциальных проблем такого рода, лучше всего делать новую базовую резервную копию после создания или удаления табличных пространств.

Также следует заметить, что стандартный формат WAL не очень компактный, так как включает много снимков дисковых страниц. Эти снимки страниц предназначены для поддержки восстановления после сбоя, на случай, если понадобится исправить страницы, записанные на диск частично. В зависимости от аппаратного и программного обеспечения вашей системы, риск частичной

записи может быть достаточно мал, так что его можно игнорировать, и в этом случае можно существенно уменьшить общий объём архивируемых журналов, исключив снимки страниц с помощью параметра `full_page_writes`. (Прежде чем делать это, прочтите замечания и предупреждения в Главе 30.) Выключение снимков страниц не препятствует использованию журналов для восстановления PITR. Одним из направлений разработки в будущем является сжатие архивируемых данных WAL, путём удаления ненужных копий страниц даже при включённом режиме `full_page_writes`. Тем временем администраторы могут сократить количество снимков страниц, включаемых в WAL, увеличив параметры интервала контрольных точек в разумных пределах.

Глава 26. Отказоустойчивость, балансировка нагрузки и репликация

Серверы базы данных могут работать совместно для обеспечения возможности быстрого переключения на другой сервер в случае отказа первого (отказоустойчивость) или для обеспечения возможности нескольким серверам БД обрабатывать один набор данных (балансировка нагрузки). В идеале, серверы БД могут работать вместе прозрачно для клиента. Веб-серверы, обрабатывающие статические страницы, можно совместить достаточно легко посредством простого распределения запросов на несколько машин. Фактически серверы баз данных только для чтения тоже могут быть совмещены достаточно легко. К сожалению, большинство серверов баз данных получают смешанные запросы на чтение/запись, а серверы с доступом на чтение/запись совместить гораздо сложнее. Это объясняется тем, что данные только для чтения достаточно единожды разместить на каждом сервере, а запись на любой из серверов должна распространиться на все остальные серверы, чтобы будущие запросы на чтение возвращали согласованные результаты.

Проблема синхронизации является главным препятствием для совместной работы серверов. Так как единственного решения, устраняющего проблему синхронизации во всех случаях, не существует, предлагается несколько решений. Разные решения подходят к проблеме по-разному и минимизируют её влияние в разных рабочих условиях.

Некоторые решения применяют синхронизацию, позволяя только одному серверу изменять данные. Сервер, который может изменять данные, называется сервером чтения/записи, *ведущим* или *главным* сервером. Сервер, который отслеживает изменения на ведущем, называется *ведомым* или *резервным* сервером. Резервный сервер, к которому нельзя подключаться до тех пор, пока он не будет повышен до главного, называется сервером *тёплого резерва*, а тот, который может принимать соединения и обрабатывать запросы только на чтение, называется сервером *горячего резерва*.

Некоторые решения являются синхронными, при которых транзакция, модифицирующая данные, не считается подтверждённой, пока все серверы не подтвердят транзакцию. Это гарантирует, что при отработке отказа не произойдёт потеря данных и что все балансирующие серверы возвращают целостные данные вне зависимости от того, к какому серверу был запрос. Асинхронное решение, напротив, допускает некоторую задержку между временем подтверждения транзакции и её передачей на другие серверы, допуская возможность, что некоторые транзакции могут быть потеряны в момент переключения на резервный сервер и что балансирующие серверы могут вернуть слегка устаревшие данные. Асинхронная передача используется, когда синхронная будет слишком медленной.

Решения могут так же разделяться по степени детализации. Некоторые решения работают только на уровне всего сервера БД целиком, в то время как другие позволяют работать на уровне таблиц или уровне БД.

В любом случае необходимо принимать во внимание быстродействие. Обычно выбирается компромисс между функциональностью и производительностью. Например, полностью синхронное решение в медленной сети может снизить производительность больше чем наполовину, в то время как асинхронное решение будет оказывать минимальное воздействие.

В продолжении этого раздела рассматриваются различные решения по организации отказоустойчивости, репликации и балансировки нагрузки.

26.1. Сравнение различных решений

Отказоустойчивость на разделяемых дисках

Отказоустойчивость на разделяемых дисках позволяет избежать избыточности синхронизации путём задействования только одной копии базы данных. Она использует единственный дисковый массив, который разделяется между несколькими серверами. Если основной сервер БД откажет, резервный сервер может подключиться и запустить базу данных, что позволит восстановить БД после аварии. Это обеспечивает быстрое переключение без потери данных.

Функциональность разделяемого оборудования обычно реализована в сетевых устройствах хранения. Так же возможно применение сетевой файловой системы; особое внимание следует уделить тому, чтобы поведение системы полностью соответствовало POSIX (см. Подраздел 18.2.2). Существенное ограничение этого метода состоит в том, что в случае отказа или порчи разделяемого дискового массива оба сервера: главный и резервный — станут нерабочими. Другая особенность — резервный сервер никогда не получает доступ к разделяемым дискам во время работы главного.

Репликация на уровне файловой системы (блочного устройства)

Видоизменённая версия функциональности разделяемого оборудования представлена в виде репликации на уровне файловой системы, когда все изменения в файловой системе отражаются в файловой системе другого компьютера. Единственное ограничение: синхронизация должна выполняться методом, гарантирующим целостность копии файловой системы на резервном сервере — в частности, запись на резервном сервере должна происходить в том же порядке, что и на главном. DRBD является популярным решением на основе репликации файловой системы для Linux.

Трансляция журнала предзаписи

Серверы тёплого и горячего резерва могут так же поддерживаться актуальными путём чтения потока записей из журнала изменений (WAL). Если основной сервер отказывает, резервный содержит почти все данные с него и может быть быстро преобразован в новый главный сервер БД. Это можно сделать синхронно или асинхронно, но может быть выполнено только на уровне сервера БД целиком.

Резервный сервер может быть реализован с применением трансляции файлов журналов (см. Раздел 26.2), или потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5), или их комбинацией. За информацией о горячем резерве обратитесь к Разделу 26.5.

Логическая репликация

В схеме с логической репликацией сервер баз данных может передавать поток изменений данных на другой сервер. Механизм логической репликации в PostgreSQL формирует поток логических изменений данных, обрабатывая WAL. Логическая репликация позволяет переносить изменения, происходящие только в отдельных таблицах. Для логической репликации не требуется, чтобы за определённым сервером закреплялась роль главного или реплицирующего; напротив, данные могут передаваться в разных направлениях. За дополнительными сведениями о логической репликации обратитесь к Главе 31. Используя интерфейс логического декодирования (Глава 49), подобную функциональность могут предоставлять и сторонние расширения.

Репликация главный-резервный на основе триггеров

При репликации главный-резервный все запросы, изменяющие данные, пересылаются главному серверу. Главный сервер, в свою очередь, асинхронно пересылает изменённые данные резервному. Резервный сервер может обрабатывать запросы только на чтение при работающем главном. Такой резервный сервер идеален для обработки запросов к хранилищам данных.

Slony-I является примером подобного типа репликации, действующей на уровне таблиц, и поддерживает множество резервных серверов. Так как обновления на резервных серверах происходят асинхронно (в пакетах), возможна потеря данных во время отказа.

Репликация запросов в среднем слое

В схеме с репликацией запросов в среднем слое, средний слой перехватывает каждый SQL-запрос и пересылает его на один или все серверы. Каждый сервер работает независимо. Модифицирующие запросы должны быть направлены всем серверам, чтобы каждый из них получал все изменения. Но читающие запросы могут быть посланы только на один сервер, что позволяет перераспределить читающую нагрузку между всеми серверами.

Если запросы просто перенаправлять без изменений, функции подобные `random()`, `CURRENT_TIMESTAMP` и последовательности могут получить различные значения на разных серверах. Это происходит потому что каждый сервер работает независимо, а эти запросы неизбирательные (и действительно не изменяют строки). Если такая ситуация недопустима, или

средний слой, или приложение должно запросить подобные значения с одного сервера, затем использовать его в других пишущих запросах. Другим способом является применения этого вида репликации совместно с другим традиционным набором репликации главный-резервный, то есть изменяющие данные запросы посылаются только на главный сервер, а затем применяются на резервном в процессе этой репликации, но не с помощью реплицирующего среднего слоя. Следует иметь в виду, что все транзакции фиксируются или прерываются на всех серверах, возможно с применением двухфазной фиксации (см. PREPARE TRANSACTION и COMMIT PREPARED). Репликацию такого типа реализуют, например Pgpool-II и Continuent Tungsten.

Асинхронная репликация с несколькими главными серверами

Если серверы не находятся постоянно в единой сети, как например, ноутбуки или удалённые серверы, обеспечение согласованности данных между ними представляет проблему. Когда используется асинхронная репликация с несколькими главными серверами, каждый из них работает независимо и периодически связывается с другими серверами для определения конфликтующих транзакций. Конфликты могут урегулироваться пользователем или по правилам их разрешения. Примером такого типа репликации является Bucardo.

Синхронная репликация с несколькими главными серверами

При синхронной репликации с несколькими главными серверами каждый сервер может принимать запросы на запись, а изменённые данные передаются с начального сервера всем остальным, прежде чем транзакция будет подтверждена. Если запись производится интенсивно, это может провоцировать избыточные блокировки, что приводит к снижению производительности. На самом деле производительность при записи часто бывает хуже, чем с одним сервером. Запросы на чтение также могут быть обработаны любым сервером. В некоторых конфигурациях для более эффективного взаимодействия серверов применяются разделяемые диски. Синхронная репликация с несколькими главными серверами лучше всего работает, когда преобладают операции чтения, хотя её большой плюс в том, что любой сервер может принимать запросы на запись — нет необходимости искусственно разделять нагрузку между главным и резервными серверами, а так как изменения передаются от одного сервера другим, не возникает проблем с недетерминированными функциями вроде `random()`.

PostgreSQL не предоставляет данный тип репликации, но так как PostgreSQL поддерживает двухфазное подтверждение транзакции (PREPARE TRANSACTION и COMMIT PREPARED) такое поведение может быть реализовано в коде приложения или среднего слоя.

Коммерческие решения

Так как PostgreSQL обладает открытым кодом и легко расширяется, некоторые компании взяли за основу PostgreSQL и создали коммерческие решения с закрытым кодом со своими реализациями свойств отказоустойчивости, репликации и балансировки нагрузки.

Таблица 26.1 итоговая таблица возможностей различных решений приведена ниже.

Таблица 26.1. Таблица свойств отказоустойчивости, балансировки нагрузки и репликации

Тип	Отказоустойчивость через разделяемые диски	Репликация файловой системы	Трансляция журнала предзаписи	Логическая репликация	Репликация главный-резервный на основе триггеров	Репликация запросов в среднем слое	Асинхронная репликация с несколькими главными серверами	Синхронная репликация с несколькими главными серверами
Наиболее типичные реализации	NAS	DRBD	встроенная потоковая репликация	встроенная логическая репликация, pglogical	Londiste, Slony	pgpool-II	Bucardo	

Тип	Отказоустойчивость через разделяемые диски	Репликация файловой системы	Трансляция журнала предзаписи	Логическая репликация	Репликация главный-резервный на основе триггеров	Репликация запросов в среднем слое	Асинхронная репликация с несколькими главными серверами	Синхронная репликация с несколькими главными серверами
Метод взаимодействия	разделяемые диски	дисковые блоки	WAL	логическое декодирование	Строки таблицы	SQL	Строки таблицы	Строки таблицы и блокировки строк
Не требуется специального оборудования		•	•	•	•	•	•	•
Допускается несколько главных серверов				•		•	•	•
Нет избыточности главного сервера	•		•	•		•		
Нет поддержки при нескольких серверах	•		без синхр.	без синхр.	•		•	
Отказ главного сервера не может привести к потере данных	•	•	с синхр.	с синхр.		•		•
Сервер реплики принимает читающие запросы			с горячим резервом	•	•	•	•	•
Репликация на уровне таблиц				•	•		•	•

Тип	Отказоустойчивость через разделяемые диски	Репликация файловой системы	Трансляция журнала предзаписи	Логическая репликация	Репликация главный-резервный на основе триггеров	Репликация запросов в среднем слое	Асинхронная репликация с несколькими главными серверами	Синхронная репликация с несколькими главными серверами
Не требуется решение конфликтов	•	•	•		•			•

Несколько решений, которые не подпадают под указанные выше категории:

Секционирование данных

При секционировании таблицы расщепляются на наборы данных. Каждый из наборов может быть изменён только на одном сервере. Например, данные могут быть секционированы по офисам, например, Лондон и Париж, с сервером в каждом офисе. В случае необходимости обращения одновременно к данным Лондона и Парижа, приложение может запросить оба сервера, или может быть применена репликация главный-резервный для предоставления копии только для чтения в другом офисе для каждого из серверов.

Выполнение параллельных запросов на нескольких серверах

Многие из указанных выше решений позволяют обрабатывать несколько запросов на нескольких серверах, но ни один из них не может обрабатывать один запрос с применением нескольких серверов для уменьшения общего времени выполнения. Подобное решение позволяет нескольким серверам обрабатывать один запрос одновременно. Такое обычно достигается путём разделения данных между серверами, обработкой на сервере своей части запроса с возвратом результата на центральный сервер. Там данные проходят окончательную обработку и возвращаются пользователю. Pgpool-II предоставляет такую возможность. Так же это может быть реализовано с применением набора средств PL/Proху.

26.2. Трансляция журналов на резервные серверы

Постоянная архивация может использоваться для создания кластерной конфигурации *высокой степени доступности* (HA) с одним или несколькими *резервными серверами*, способными заменить ведущий сервер в случае выхода его из строя. Такую реализацию отказоустойчивости часто называют *тёплым резервом* или *трансляция журналов*.

Ведущий и резервный серверы работают совместно для обеспечения этой возможности, при этом они связаны опосредованно. Ведущий сервер работает в режиме постоянной архивации изменений, в то время как каждый резервный сервер работает в режиме постоянного приема архивных изменений, зачитывая WAL-файлы с ведущего. Для обеспечения этой возможности не требуется вносить изменения в таблицы БД, что требует существенно меньших административных издержек в сравнении с некоторыми другими решениями репликации. Так же такая конфигурация относительно слабо влияет на производительность ведущего сервера.

Непосредственную передачу записей WAL с одного сервера БД на другой обычно называют трансляцией журналов (или доставкой журналов). PostgreSQL реализует трансляцию журналов на уровне файлов, передавая записи WAL по одному файлу (сегменту WAL) одновременно. Файлы WAL (размером 16 МБ) можно легко и эффективно передать на любое расстояние, будь то соседний сервер, другая система в местной сети или сервер на другом краю света. Требуемая пропускная способность при таком подходе определяется скоростью записи транзакций на ведущем сервере. Трансляция журналов на уровне записей более фрагментарная операция, при которой изменения WAL передаются последовательно через сетевое соединение (см. Подраздел 26.2.5).

Следует отметить, что трансляция журналов асинхронна, то есть записи WAL доставляются после завершения транзакции. В результате образуется окно, когда возможна потеря данных при отказе сервера: будут утеряны ещё не переданные транзакции. Размер этого окна при трансляции файлов журналов может быть ограничен параметром `archive_timeout`, который может принимать значение меньше нескольких секунд. Тем не менее подобные заниженные значения могут потребовать существенного увеличения пропускной способности, необходимой для трансляции файлов. При потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5) окно возможности потери данных гораздо меньше.

Скорость восстановления достаточно высока, обычно резервный сервер становится полностью доступным через мгновение после активации. В результате такое решение называется тёплым резервом, что обеспечивает отличную отказоустойчивость. Восстановление сервера из архивной копии базы и применение изменений обычно происходит существенно дольше. Поэтому такие действия обычно требуются при восстановлении после аварии, не для отказоустойчивости. Так же резервный сервер может обрабатывать читающие запросы. В этом случае он называется сервером горячего резерва. См. Раздел 26.5 для подробной информации.

26.2.1. Планирование

Обычно разумно подбирать ведущий и резервный серверы так, чтобы они были максимально похожи, как минимум с точки зрения базы данных. Тогда в частности, пути, связанные с табличными пространствами, могут передаваться без изменений. Таким образом, как на ведущем, так и на резервных серверах должны быть одинаковые пути монтирования для табличных пространств при использовании этой возможности БД. Учитывайте, что если `CREATE TABLESPACE` выполнена на ведущем сервере, новая точка монтирования для этой команды уже должна существовать на резервных серверах до её выполнения. Аппаратная часть не должна быть в точности одинаковой, но опыт показывает, что сопровождать идентичные системы легче, чем две различные на протяжении жизненного цикла приложения и системы. В любом случае архитектура оборудования должна быть одинаковой — например, трансляция журналов с 32-битной на 64-битную систему не будет работать.

В общем случае трансляция журналов между серверами с различными основными версиями PostgreSQL невозможна. Политика главной группы разработки PostgreSQL состоит в том, чтобы не вносить изменения в дисковые форматы при обновлениях корректирующей версии, таким образом, ведущий и резервный серверы, имеющие разные корректирующие версии, могут работать успешно. Тем не менее, формально такая возможность не поддерживается и рекомендуется поддерживать одинаковую версию ведущего и резервных серверов, насколько это возможно. При обновлении корректирующей версии безопаснее будет в первую очередь обновить резервные серверы — новая корректирующая версия с большей вероятностью прочитает файл WAL предыдущей корректирующей версии, чем наоборот.

26.2.2. Работа резервного сервера

Сервер, работающий в режиме резервного, последовательно применяет файлы WAL, полученные от главного. Резервный сервер может читать файлы WAL из архива WAL (см. `restore_command`) или напрямую с главного сервера по соединению TCP (потоковая репликация). Резервный сервер также будет пытаться восстановить любой файл WAL, найденный в кластере резервного в каталоге `pg_wal`. Это обычно происходит после перезапуска сервера, когда он применяет заново файлы WAL, полученные от главного сервера перед перезапуском. Но можно и вручную скопировать файлы в каталог `pg_wal`, чтобы применить их в любой момент времени.

В момент запуска резервный сервер начинает восстанавливать все доступные файлы WAL, размещённые в архивном каталоге, указанном в команде `restore_command`. По достижении конца доступных файлов WAL или при сбое команды `restore_command` сервер пытается восстановить все файлы WAL, доступные в каталоге `pg_wal`. Если это не удаётся и потоковая репликация настроена, резервный сервер пытается присоединиться к ведущему и начать закачивать поток WAL с последней подтверждённой записи, найденной в архиве или `pg_wal`. Если это действие закончилось неудачей, или потоковая репликация не настроена, или соединение позднее разорвалось, резервный сервер возвращается к шагу 1 и пытается восстановить файлы из архива вновь. Цикл обраще-

ния за файлами WAL к архиву, `pg_wal`, и через потоковую репликацию продолжается до остановки сервера или переключения его роли, вызванного файлом-триггером.

Режим резерва завершается и сервер переключается в обычный рабочий режим при получении команды `pg_ctl promote` или при обнаружении файла-триггера (`trigger_file`). Перед переключением сервер восстановит все файлы WAL, непосредственно доступные из архива или `pg_wal`, но попытаться подключиться к главному серверу он больше не будет.

26.2.3. Подготовка главного сервера для работы с резервными

Настройка постоянного архивирования на ведущем сервере в архивный каталог, доступный с резервного, описана в Разделе 25.3. Расположение архива должно быть доступно с резервного сервера даже при отключении главного, то есть его следует разместить на резервном или другом доверенном, но не на главном сервере.

При использовании потоковой репликации следует настроить режим аутентификации на ведущем сервере, чтобы разрешить соединения с резервных. Для этого создать роль и обеспечить подходящую запись в файле `pg_hba.conf` в разделе доступа к БД `replication`. Так же следует убедиться, что для параметра `max_wal_senders` задаётся достаточно большое значение в конфигурационном файле ведущего сервера. При использовании слотов для репликации также достаточно большое значение нужно задать для `max_replication_slots`.

Создание базовой резервной копии, необходимой для запуска резервного сервера, описано в Подразделе 25.3.2.

26.2.4. Настройка резервного сервера

Для запуска резервного сервера нужно восстановить резервную копию, снятую с ведущего (см. Подраздел 25.3.4). Затем нужно создать файл команд восстановления `recovery.conf` в каталоге данных кластера резервного сервера и включить режим `standby_mode`. Задайте в `restore_command` обычную команду копирования файлов из архива WAL. Если планируется несколько резервных серверов в целях отказоустойчивости, установите для `recovery_target_timeline` значение `latest`, чтобы резервный сервер переходил на новую линию времени, образуемую при отработке отказа и переключении на другой сервер.

Примечание

Не используйте `pg_standby` или подобные средства со встроенным режимом резервного сервера, описанным здесь. `restore_command` должна немедленно прекратиться при отсутствии файла; сервер повторит команду вновь при необходимости. Использование средств, подобных `pg_standby`, описано в Разделе 26.4.

При необходимости потоковой репликации заполните `primary_conninfo` параметрами строки соединения для `libpq`, включая имя (или IP-адрес) сервера и все остальные необходимые данные для соединения с ведущим сервером. Если ведущий требует пароль для аутентификации, пароль может быть так же передан в `primary_conninfo`.

Если резервный сервер настраивается в целях отказоустойчивости, на нём следует настроить архивацию WAL, соединения и аутентификацию, как на ведущем сервере, потому что резервный сервер станет ведущим после отработки отказа.

При использовании архива WAL его размер может быть уменьшен с помощью команды в параметре `archive_cleanup_command`, которая удаляет файлы уже не нужные для дальнейшей работы резервного сервера. Утилита `pg_archivecleanup` разработана специально для использования в `archive_cleanup_command` при типичной конфигурации с одним резервным сервером (см. `pg_archivecleanup`). Следует отметить, что если архив используется в целях резервирования, следует сохранять все файлы необходимые для восстановления как минимум с последней базовой резервной копии, даже если они не нужны для резервного сервера.

Простой пример `recovery.conf`:

```
standby_mode = 'on'  
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'  
restore_command = 'cp /path/to/archive/%f %p'  
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup /path/to/archive %r'
```

Можно поддерживать любое количество резервных серверов, но при применении потоковой репликации необходимо убедиться, что значение `max_wal_senders` на ведущем достаточно большое, чтобы все они могли подключиться одновременно.

26.2.5. Потоковая репликация

При потоковой репликации резервный сервер может работать с меньшей задержкой, чем при трансляции файлов. Резервный сервер подключается к ведущему, который передаёт поток записей WAL резервному в момент их добавления, не дожидаясь окончания заполнения файла WAL.

Потоковая репликация асинхронна по умолчанию (см. Подраздел 26.2.8), то есть имеется небольшая задержка между подтверждением транзакции на ведущем сервере и появлением этих изменений на резервном. Тем не менее, эта задержка гораздо меньше, чем при трансляции файлов журналов, обычно в пределах одной секунды, если резервный сервер достаточно мощный и справляется с нагрузкой. При потоковой репликации настраивать `archive_timeout` для уменьшения окна потенциальной потери данных не требуется.

При потоковой репликации без постоянной архивации на уровне файлов, сервер может избавиться от старых сегментов WAL до того, как резервный получит их. В этом случае резервный сервер потребует повторной инициализации из новой базовой резервной копии. Этого можно избежать, установив для `wal_keep_segments` достаточно большое значение, при котором сегменты WAL будут защищены от ранней очистки, либо настроив слот репликации для резервного сервера. Если с резервного сервера доступен архив WAL, этого не требуется, так как резервный может всегда обратиться к архиву для восполнения пропущенных сегментов.

Чтобы включить потоковую репликацию, сначала настройте резервный сервер на приём трансляции журналов, как описано в Разделе 26.2. Затем сделайте следующий шаг — переключите резервный сервер в режим репликации, установив в `primary_conninfo` в файле `recovery.conf` строку подключения, указывающую на ведущий. Настройте `listen_addresses` и параметры аутентификации (см. `pg_hba.conf`) на ведущем сервере таким образом, чтобы резервный смог подключиться к псевдобазе `replication` на ведущем (см. Подраздел 26.2.5.1).

В системах, поддерживающих параметр сокета `keepalive`, подходящие значения `tcp_keepalives_idle`, `tcp_keepalives_interval` и `tcp_keepalives_count` помогут ведущему вовремя заметить разрыв соединения.

Установите максимальное количество одновременных соединений с резервных серверов (см. описание `max_wal_senders`).

При запуске резервного сервера с правильно установленным `primary_conninfo` резервный подключится к ведущему после воспроизведения всех файлов WAL, доступных из архива. При успешном установлении соединения можно увидеть процесс `walreceiver` на резервном сервере и соответствующий процесс `walsender` на ведущем.

26.2.5.1. Аутентификация

Право использования репликации очень важно ограничить так, чтобы только доверенные пользователи могли читать поток WAL, так как из него можно извлечь конфиденциальную информацию. Резервный сервер должен аутентифицироваться на ведущем от имени суперпользователя или пользователя с правом `REPLICATION`. Настоятельно рекомендуется создавать выделенного пользователя с правами `REPLICATION` и `LOGIN` специально для репликации. Хотя право `REPLICATION` даёт очень широкие полномочия, оно не позволяет модифицировать данные в ведущей системе, тогда как с правом `SUPERUSER` это можно делать.

Список аутентификации клиентов для репликации содержится в `pg_hba.conf` в записях с установленным значением `replication` в поле `database`. Например, если резервный сервер запущен на компьютере с IP-адресом `192.168.1.100` и учётная запись для репликации `foo`, администратор может добавить следующую строку в файл `pg_hba.conf` ведущего:

```
# Разрешить пользователю "foo" с компьютера 192.168.1.100 подключаться к этому
# серверу в качестве партнёра репликации, если был передан правильный пароль.
#
# TYPE DATABASE USER ADDRESS METHOD
host replication foo 192.168.1.100/32 md5
```

Имя компьютера и номер порта для ведущего, имя пользователя для соединения и пароль указываются в файле `recovery.conf`. Пароль так же может быть задан через файл `~/.pgpass` на резервном сервере (указанном в определении с `replication` в поле `database`). Например, если ведущий принимает подключения по IP-адресу `192.168.1.50`, в порту `5432`, пользователя для репликации `foo` с паролем `foopass`, то администратор может добавить следующую строку в файл `recovery.conf` на резервном сервере:

```
# Резервный сервер подключается к ведущему, работающему на компьютере 192.168.1.50
# (порт 5432), от имени пользователя "foo" с паролем "foopass".
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'
```

26.2.5.2. Наблюдение

Важным индикатором стабильности работы потоковой репликации является количество записей WAL, созданных на ведущем, но ещё не применённых на резервном сервере. Задержку можно подсчитать, сравнив текущую позицию записи WAL на ведущем с последней позицией WAL, полученной на резервном сервере. Эти позиции можно узнать, воспользовавшись функциями `pg_current_wal_lsn` на ведущем и `pg_last_wal_receive_lsn` на резервном, соответственно (за подробностями обратитесь к Таблице 9.79 и Таблице 9.80). Последняя полученная позиция WAL на резервном сервере также выводится в состоянии процесса-приёмника WAL, которое показывает команда `ps` (подробнее об этом в Разделе 28.1).

Список процессов-передатчиков WAL можно получить через представление `pg_stat_replication`. Значительная разница между `pg_current_wal_lsn` и полем `sent_lsn` этого представления может указывать на то, что главный сервер работает с большой нагрузкой, тогда как разница между `sent_lsn` и `pg_last_wal_receive_lsn` на резервном может быть признаком задержек в сети или большой нагрузки резервного сервера.

На сервере горячего резерва состояние процесса-приёмника WAL можно получить через представление `pg_stat_wal_receiver`. Большая разница между `pg_last_wal_replay_lsn` и полем `received_lsn` свидетельствует о том, что WAL поступает быстрее, чем удаётся его воспроизвести.

26.2.6. Слоты репликации

Слоты репликации автоматически обеспечивают механизм сохранения сегментов WAL, пока они не будут получены всеми резервными и главный сервер не будет удалять строки, находящиеся в статусе `recovery conflict` даже при отключении резервного.

Вместо использования слотов репликации для предотвращения удаления старых сегментов WAL можно применять `wal_keep_segments`, или сохранять сегменты в архиве с помощью команды `archive_command`. Тем не менее, эти методы часто приводят к тому, что хранится больше сегментов WAL, чем необходимо, в то время как слоты репликации оставляют только то количество сегментов, которое необходимо. Преимущество этих методов состоит в том, что они чётко задают объёмы места, необходимого для `pg_wal`; в то время как текущая реализация слотов репликации не предоставляет такой возможности.

Подобным образом, параметры `hot_standby_feedback` и `vacuum_defer_cleanup_age` позволяют защитить востребованные строки от удаления при очистке, но первый параметр не защищает в тот промежуток времени, когда резервный сервер не подключён, а для последнего часто нужно задавать большое значение, чтобы обеспечить должную защиту. Слоты репликации решают эти проблемы.

26.2.6.1. Запросы и действия слотов репликации

Каждый слот репликации обладает именем, состоящим из строчных букв, цифр и символов подчёркивания.

Имеющиеся слоты репликации и их статус можно просмотреть в представлении `pg_replication_slots`.

Слоты могут быть созданы и удалены как с помощью протокола потоковой репликации (см. Раздел 53.4), так и посредством функций SQL (см. Подраздел 9.26.6).

26.2.6.2. Пример конфигурации

Для создания слота репликации выполните:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_create_physical_replication_slot('node_a_slot');
 slot_name | lsn
-----+-----
 node_a_slot |
```

```
postgres=# SELECT slot_name, slot_type, active FROM pg_replication_slots;
 slot_name | slot_type | active
-----+-----+-----
 node_a_slot | physical | f
(1 row)
```

Для настройки резервного сервера на использование этого слота `primary_slot_name` должно быть настроено в конфигурации `recovery.conf` резервного. Вот простейший пример:

```
standby_mode = 'on'
primary_conninfo = 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo password=foopass'
primary_slot_name = 'node_a_slot'
```

26.2.7. Каскадная репликация

Свойство каскадной репликации позволяет резервному серверу принимать соединения репликации и потоки WAL от других резервных, выступающих посредниками. Это может быть полезно для уменьшения числа непосредственных подключений к главному серверу, а также для уменьшения накладных расходов при передаче данных в интрасети.

Резервный сервер, выступающий как получатель и отправитель, называется каскадным резервным сервером. Резервные серверы, стоящие ближе к главному, называются серверами верхнего уровня, а более отдалённые — серверами нижнего уровня. Каскадная репликация не накладывает ограничений на количество или организацию последующих уровней, а каждый резервный соединяется только с одним сервером вышестоящего уровня, который в конце концов соединяется с единственным главным/ведущим сервером.

Резервный сервер каскадной репликации не только получает записи WAL от главного, но так же восстанавливает их из архива. Таким образом, даже если соединение с сервером более высокого уровня разорвётся, потоковая репликация для последующих уровней будет продолжаться до исчерпания доступных записей WAL.

Каскадная репликация в текущей реализации асинхронна. Параметры синхронной репликации (см. Подраздел 26.2.8) в настоящее время не оказывают влияние на каскадную репликацию.

Распространение обратной связи горячего резерва работает от нижестоящего уровня к вышестоящему уровню вне зависимости от способа организации связи.

Если резервный сервер вышестоящего уровня будет преобразован в новый главный, серверы нижестоящего уровня продолжают получать поток с нового главного при условии, что `recovery_target_timeline` установлен в значение `'latest'`.

Для использования каскадной репликации необходимо настроить резервный каскадный сервер на прием соединений репликации (то есть установить `max_wal_senders` и `hot_standby`, настроить `host-based authentication`). Так же может быть необходимо настроить на нижестоящем резервном значение `primary_conninfo` на каскадный резервный сервер.

26.2.8. Синхронная репликация

По умолчанию в PostgreSQL потоковая репликация асинхронна. Если ведущий сервер выходит из строя, некоторые транзакции, которые были подтверждены, но не переданы на резервный, могут быть потеряны. Объем потерянных данных пропорционален задержке репликации на момент отработки отказа.

Синхронная репликация предоставляет возможность гарантировать, что все изменения, внесённые в транзакции, были переданы одному или нескольким синхронным резервным серверам. Это увеличивает стандартный уровень надёжности, гарантируемый при фиксации транзакции. Этот уровень защиты соответствует второму уровню безопасности репликации из теории вычислительной техники, или групповой безопасности первого уровня (безопасности групповой и уровня 1), когда выбран режим `synchronous_commit remote_write`.

При синхронной репликации каждая фиксация пишущей транзакции ожидает подтверждения того, что запись фиксации помещена в журнал предзаписи на диске на обоих серверах: ведущем и резервном. При таком варианте потеря данных может произойти только в случае одновременного выхода из строя ведущего и резервного серверов. Это обеспечивает более высокий уровень надёжности, при условии продуманного подхода системного администратора к вопросам размещения и управления этими серверами. Ожидание подтверждения увеличивает уверенность в том, что данные не будут потеряны во время сбоя сервера, но при этом увеличивает время отклика для обработки транзакции. Минимальное время ожидания равно времени передачи данных от ведущего к резервному и обратно.

Транзакции только для чтения и откат транзакции не требуют ожидания для ответа с резервного сервера. Промежуточные подтверждения не ожидают ответа от резервного сервера, только подтверждение верхнего уровня. Долгие операции вида загрузки данных или построения индекса не ожидают финального подтверждения. Но все двухфазные подтверждения требуют ожидания, включая подготовку и непосредственно подтверждение.

Синхронным резервным сервером может быть резервный сервер при физической репликации или подписчик при логической репликации. Это также может быть другой потребитель потока логической или физической репликации, способный отправлять в ответ требуемые сообщения. Помимо встроенных систем логической и физической репликации, к таким потребителям относятся специальные программы, `pg_receivewal` и `pg_recvlogical`, а также некоторые сторонние системы репликации и внешние программы. Подробнее об организации синхронной репликации с их использованием можно узнать в соответствующей документации.

26.2.8.1. Базовая настройка

При настроенной потоковой репликации установка синхронной репликации требует только дополнительной настройки: необходимо выставить `synchronous_standby_names` в непустое значение. Так же необходимо установить `synchronous_commit` в значение `on`, но так как это значение по умолчанию, обычно действий не требуется. (См. Подраздел 19.5.1 и Подраздел 19.6.2.) В такой конфигурации каждая транзакция будет ожидать подтверждение того, что на резервном сервере произошла запись транзакции в надёжное хранилище. Значение `synchronous_commit` может быть выставлено для отдельного пользователя, может быть прописано в файле конфигурации, для конкретного пользователя или БД или динамически изменено приложением для управления степенью надёжности на уровне отдельных транзакций.

После сохранения записи о фиксации транзакции на диске ведущего сервера эта запись WAL передаётся резервному серверу. Резервный сервер отвечает подтверждающим сообщением после сохранения каждого нового блока данных WAL на диске, если только `wal_receiver_status_interval` на нём не равен нулю. В случае, когда выбран режим `synchronous_commit remote_apply`, резервный сервер передаёт подтверждение после воспроизведения записи фиксации, когда транзакция

становится видимой. Если резервный сервер выбран на роль синхронного резервного в соответствии со значением `synchronous_standby_names` на ведущем, подтверждающие сообщения с этого сервера, в совокупности с сообщениями с других синхронных серверов, будут сигналом к завершению ожидания при фиксировании транзакций, требующих подтверждения сохранения записи фиксации. Эти параметры позволяют администратору определить, какие резервные серверы будут синхронными резервными. Заметьте, что настройка синхронной репликации в основном осуществляется на главном сервере. Перечисленные в списке резервных серверы должны быть подключены к нему непосредственно; он ничего не знает о резервных серверах, подключённых каскадно, через промежуточные серверы.

Если `synchronous_commit` имеет значение `remote_write`, то в случае подтверждения транзакции ответ от резервного сервера об успешном подтверждении будет передан, когда данные запишутся в операционной системе, но не когда данные будут реально сохранены на диске. При таком значении уровень надёжности снижается по сравнению со значением `on`. Резервный сервер может потерять данные в случае падения операционной системы, но не в случае падения PostgreSQL. Тем не менее, этот вариант полезен на практике, так как позволяет сократить время отклика для транзакции. Потеря данных может произойти только в случае одновременного сбоя ведущего и резервного, осложнённого повреждением БД на ведущем.

Если `synchronous_commit` имеет значение `remote_apply`, то для завершения фиксирования транзакции потребуется дождаться, чтобы текущие синхронные резервные серверы сообщили, что они воспроизвели транзакцию и её могут видеть запросы пользователей. В простых случаях это позволяет обеспечить обычный уровень согласованности и распределение нагрузки.

Пользователи прекратят ожидание в случае запроса на быструю остановку сервера. В то время как при использовании асинхронной репликации сервер не будет полностью остановлен, пока все исходящие записи WAL не переместятся на текущий присоединённый резервный сервер.

26.2.8.2. Несколько синхронных резервных серверов

Синхронная репликация поддерживает применение одного или нескольких синхронных резервных серверов; транзакции будут ждать, пока все резервные серверы, считающиеся синхронными, не подтвердят получение своих данных. Число синхронных резервных серверов, от которых транзакции должны ждать подтверждения, задаётся в параметре `synchronous_standby_names`. В этом параметре также задаётся список имён резервных серверов и метод (`FIRST` или `ANY`) выбора синхронных из заданного списка.

С методом `FIRST` производится синхронная репликация на основе приоритетов, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на заданное число синхронных резервных серверов, выбираемых согласно приоритетам. Серверы, имена которых идут в начале списка, имеют больший приоритет и выбираются на роль синхронных. Другие резервные серверы, идущие в этом списке за ними, считаются потенциальными синхронными. Если один из текущих синхронных резервных серверов по какой-либо причине отключается, он будет немедленно заменён следующим по порядку резервным сервером.

Пример значения `synchronous_standby_names` для нескольких синхронных резервных серверов, выбираемых по приоритетам:

```
synchronous_standby_names = 'FIRST 2 (s1, s2, s3)'
```

В данном примере, если работают четыре резервных сервера `s1`, `s2`, `s3` и `s4`, два сервера `s1` и `s2` будут выбраны на роль синхронных резервных, так как их имена идут в начале этого списка. Сервер `s3` будет потенциальным резервным и возьмёт на себя роль синхронного резервного при отказе `s1` или `s2`. Сервер `s4` будет асинхронным резервным, так как его имя в этом списке отсутствует.

С методом `ANY` производится синхронная репликация на основе кворума, когда транзакции фиксируются только после того, как их записи в WAL реплицируются на *как минимум* заданное число синхронных серверов в списке.

Пример значения `synchronous_standby_names` для нескольких синхронных резервных серверов, образующих кворум:

```
synchronous_standby_names = 'ANY 2 (s1, s2, s3)'
```

В данном примере, если работают четыре резервных сервера *s1*, *s2*, *s3* и *s4*, транзакции будут фиксироваться только после получения ответов как минимум от двух резервных серверов из *s1*, *s2* и *s3*. Сервер *s4* будет асинхронным резервным, так как его имя в этом списке отсутствует.

Состояние синхронности резервных серверов можно увидеть в представлении `pg_stat_replication`.

26.2.8.3. Планирование производительности

Организуя синхронную репликацию, обычно нужно обстоятельно обдумать конфигурацию и размещение резервных серверов, чтобы обеспечить приемлемую производительность приложений. Ожидание не потребляет системные ресурсы, но блокировки транзакций будут сохраняться до подтверждения передачи. Как следствие, непродуманное использование синхронной репликации приведёт к снижению производительности БД из-за увеличения времени отклика и числа конфликтов.

PostgreSQL позволяет разработчикам выбрать требуемый уровень надёжности, обеспечиваемый при репликации. Он может быть установлен для системы в целом, для отдельного пользователя или соединения или даже для отдельной транзакции.

Например, в рабочей нагрузке приложения 10% изменений могут относиться к важным данным клиентов, а 90% — к менее критичным данным, потеряв которые, бизнес вполне сможет выжить (например, это могут быть текущие разговоры пользователей между собой).

При настройке уровня синхронности репликации на уровне приложения (на ведущем) можно задать синхронную репликацию для большинства важных изменений без замедления общего рабочего ритма. Возможность настройки на уровне приложения является важным и практичным средством для получения выгод синхронной репликации при высоком быстродействии.

Следует иметь в виду, что пропускная способность сети должна быть больше скорости генерирования данных WAL.

26.2.8.4. Планирование отказоустойчивости

В `synchronous_standby_names` задаётся количество и имена синхронных резервных серверов, от которых будет ожидаться подтверждение при фиксации транзакции, когда параметру `synchronous_commit` присвоено значение `on`, `remote_apply` или `remote_write`. Фиксирование транзакции в таком режиме может не завершиться никогда, если один из синхронных резервных серверов выйдет из строя.

Поэтому для высокой степени доступности лучше всего обеспечить наличие синхронных резервных серверов в должном количестве. Для этого можно перечислить несколько потенциальных резервных серверов в строке `synchronous_standby_names`.

При синхронной репликации на основе приоритетов синхронными резервными серверами станут серверы, имена которых стоят в этом списке первыми. Следующие за ними серверы будут становиться синхронными резервными при отказе одного из текущих.

При синхронной репликации на основе кворума кандидатами на роль синхронных резервных будут все серверы в списке. И если один из них откажет, другие серверы будут продолжать исполнять эту роль.

Когда к ведущему серверу впервые присоединяется резервный, он ещё не будет полностью синхронизированным. Это называется состоянием навёрстывания. Как только отставание резервного от ведущего сервера сократится до нуля в первый раз, система перейдет в состояние потоковой передачи в реальном времени. Сразу после создания резервного сервера навёрстывание может быть длительным. В случае выключения резервного сервера длительность этого процесса увеличится соответственно продолжительности простоя. Резервный сервер может стать синхронным только

по достижении состояния потоковой передачи. Это состояние можно проследить в представлении `pg_stat_replication`.

Если ведущий сервер перезапускается при наличии зафиксированных транзакций, ожидающих подтверждения, эти транзакции будут помечены как полностью зафиксированные после восстановления ведущего. При этом нельзя гарантировать, что все резервные серверы успели получить все текущие данные WAL к моменту падения ведущего. Таким образом, некоторые транзакции могут считаться незафиксированными на резервном сервере, даже если они считаются зафиксированными на ведущем. Гарантия, которую мы можем дать, состоит в том, что приложение не получит явного подтверждения успешной фиксации, пока не будет уверенности, что данные WAL получены всеми синхронными резервными серверами.

Если запустить синхронные резервные серверы в указанном количестве не удаётся, вам следует уменьшить число синхронных серверов, подтверждения которых требуются для завершения фиксации транзакций, в параметре `synchronous_standby_names` (или вовсе отключить его) и перезагрузить файл конфигурации на ведущем сервере.

В случае если ведущий сервер стал недоступным для оставшихся резервных, следует переключиться на наиболее подходящий из имеющихся резервных серверов.

Если необходимо пересоздать резервный сервер при наличии ожидающей подтверждения транзакции необходимо убедиться, что команды `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` запускаются в сессии с установленным `synchronous_commit = off`, в противном случае эти запросы на подтверждение будут бесконечными для вновь возникшего резервного сервера.

26.2.9. Непрерывное архивирование на резервном сервере

Когда на резервном сервере применяется последовательное архивирование WAL, возможны два различных сценария: архив WAL может быть общим для ведущего и резервного сервера, либо резервный сервер может иметь собственный архив WAL. Когда резервный работает с собственным архивом WAL, установите в `archive_mode` значение `always`, и он будет вызывать команду архивации для каждого сегмента WAL, который он получает при восстановлении из архива или потоковой репликации. В случае с общим архивом можно поступить аналогично, но `archive_command` должна проверять, нет ли в архиве файла, идентичного архивируемому. Таким образом, команда `archive_command` должна позаботиться о том, чтобы существующий файл не был заменён файлом с другим содержимым, а в случае попытки повторного архивирования должна сообщать об успешном выполнении. При этом все эти действия должны быть рассчитаны на условия гонки, возможные, если два сервера попытаются архивировать один и тот же файл одновременно.

Если в `archive_mode` установлено значение `on`, архивация в режиме восстановления или резерва не производится. В случае повышения резервного сервера, он начнёт архивацию после повышения, но в архив не попадут те файлы WAL, которые генерировал не он сам. Поэтому, чтобы в архиве оказался полный набор файлов WAL, необходимо обеспечить архивацию всех файлов WAL до того, как они попадут на резервный сервер. Это естественным образом происходит при трансляции файлов журналов, так как резервный сервер может восстановить только файлы, которые находятся в архиве, однако при потоковой репликации это не так. Когда сервер работает не в режиме резерва, различий между режимами `on` и `always` нет.

26.3. Отработка отказа

Если ведущий сервер отказывает, резервный должен начать процедуры отработки отказа.

Если отказывает резервный сервер, никакие действия по отработке отказа не требуются. Если резервный сервер будет перезапущен, даже через некоторое время, немедленно начнётся операция восстановления, благодаря возможности возобновляемого восстановления. Если вернуть резервный сервер в строй невозможно, необходимо создать полностью новый экземпляр резервного сервера.

Когда ведущий сервер отказывает и резервный сервер становится новым ведущим, а затем старый ведущий включается снова, необходим механизм для предотвращения возврата старого к роли

ведущего. Иногда его называют STONITH (Shoot The Other Node In The Head, «Выстрелите в голову другому узлу»), что позволяет избежать ситуации, когда обе системы считают себя ведущими, и в результате возникают конфликты и потеря данных.

Во многих отказоустойчивых конструкциях используются всего две системы: ведущая и резервная, с некоторым контрольным механизмом, который постоянно проверяет соединение между ними и работоспособность ведущей. Также возможно применение третьей системы (называемой следящим сервером) для исключения некоторых вариантов нежелательной отработки отказа, но эта дополнительная сложность оправдана, только если вся схема достаточно хорошо продумана и тщательно протестирована.

PostgreSQL не предоставляет системного программного обеспечения, необходимого для определения сбоя на ведущем и уведомления резервного сервера баз данных. Имеется множество подобных инструментов, которые хорошо интегрируются со средствами операционной системы, требуемыми для успешной отработки отказа, например, для миграции IP-адреса.

Когда происходит переключение на резервный сервер, только один сервер продолжает работу. Это состояние называется ущербным. Бывший резервный сервер теперь является ведущим, а бывший ведущий отключён и может оставаться отключённым. Для возвращения к нормальному состоянию необходимо запустить новый резервный сервер, либо на бывшем ведущем, либо в третьей, возможно, новой системе. Ускорить этот процесс в больших кластерах позволяет утилита `pg_rewrite`. По завершении этого процесса можно считать, что ведущий и резервный сервер поменялись ролями. Некоторые используют третий сервер в качестве запасного для нового ведущего, пока не будет воссоздан новый резервный сервер, хотя это, очевидно, усложняет конфигурацию системы и рабочие процедуры.

Таким образом, переключение с ведущего сервера на резервный может быть быстрым, но требует некоторого времени для повторной подготовки отказоустойчивого кластера. Регулярные переключения с ведущего сервера на резервный полезны, так как при этом появляется плановое время для отключения и проведения обслуживания. Это также позволяет убедиться в работоспособности механизма отработки отказа и гарантировать, что он действительно будет работать, когда потребуются. Эти административные процедуры рекомендуется документировать письменно.

Чтобы сделать ведущим резервный сервер, принимающий журналы, выполните команду `pg_ctl promote` или создайте файл-триггер с именем и путём, заданным в параметре `trigger_file` в файле `recovery.conf`. Если для переключения планируется использовать команду `pg_ctl promote`, указывать `trigger_file` не требуется. Если резервный сервер применяется для анализа данных, чтобы только разгрузить ведущий, выполняя запросы на чтение, а не обеспечивать отказоустойчивость, повышать его до ведущего не понадобится.

26.4. Другие методы трансляции журнала

Встроенному режиму резерва, описанному в предыдущем разделе, есть альтернатива — задать в `restore_command` команду, следящую за содержимым архива. Эта возможность доступна только для версии 8.4 и выше. В такой конфигурации режим `standby_mode` выключается, так как реализуется отдельный механизм слежения за данными, требующихся для резервного сервера. См. модуль `pg_standby` для примера реализации такой возможности.

Необходимо отметить, что в этом режиме сервер будет применять только один файл WAL одновременно, то есть если использовать резервный сервер для запросов (см. сервер горячего резерва), будет задержка между операциями на главном и моментом видимости этой операции резервным, соответствующей времени заполнения файла WAL. `archive_timeout` можно использовать для снижения этой задержки. Так же необходимо отметить, что нельзя совмещать этот метод с потоковой репликацией.

В процессе работы на ведущем сервере и резервном будет происходить обычное формирование архивов и их восстановление. Единственной точкой соприкосновения двух серверов будут только архивы файлов WAL на обеих сторонах: на ведущем архивы формируются, на резервном происходит чтение данных из архивов. Следует внимательно следить за тем, чтобы архивы WAL от разных

ведущих серверов не смешивались или не перепутывались. Архив не должен быть больше, чем это необходимо для работы резерва.

Магия, заставляющая работать вместе два слабо связанных сервера, проста: `restore_command`, выполняющаяся на резервном при запросе следующего файла WAL, ожидает его доступности на ведущем. Команда `restore_command` задаётся в файле `recovery.conf` на резервном сервере. Обычно процесс восстановления запрашивает файл из архива WAL, сообщая об ошибке в случае его недоступности. Для работы резервного сервера недоступность очередного файла WAL является обычной ситуацией, резервный просто ожидает его появления. Для файлов, оканчивающихся на `.history`, ожидание не требуется, поэтому возвращается ненулевой код. Ожидающая `restore_command` может быть написана как пользовательский скрипт, который в цикле опрашивает, не появился ли очередной файл WAL. Также должен быть способ инициировать переключение роли, при котором цикл в `restore_command` должен прерваться, а резервный сервер должен получить ошибку «файл не найден». При этом восстановление завершится, и резервный сервер сможет стать обычным.

Псевдокод для подходящей `restore_command`:

```
triggered = false;
while (!NextWALFileReady() && !triggered)
{
    sleep(1000000L);          /* ждать ~0.1 сек*/
    if (CheckForExternalTrigger())
        triggered = true;
}
if (!triggered)
    CopyWALFileForRecovery();
```

Рабочий пример ожидающей `restore_command` представлен в модуле `pg_standby`. К нему следует обратиться за примером правильной реализации логики, описанной выше. Он так же может быть расширен для поддержки особых конфигураций и окружений.

Метод вызова переключения является важной частью планирования и архитектуры. Один из возможных вариантов — команда `restore_command`. Она исполняется единожды для каждого файла WAL, но процесс, запускаемый `restore_command`, создаётся и завершается для каждого файла, так что это не служба и не серверный процесс, и применить сигналы и реализовать их обработчик в нём нельзя. Поэтому `restore_command` не подходит для отработки отказа. Можно организовать переключение по тайм-ауту, в частности, связав его с известным значением `archive_timeout` на ведущем. Однако это не очень надёжно, так как переключение может произойти и из-за проблем в сети или загруженности ведущего сервера. В идеале для этого следует использовать механизм уведомлений, например явно создавать файл-триггер, если это возможно.

26.4.1. Реализация

Сокращённая процедура настройки для резервного сервера с применением альтернативного метода указана ниже. Для подробностей по каждому шагу следует обратиться к указанному разделу.

1. Разверните ведущую и резервную системы, сделав их максимально одинаковыми, включая две одинаковые копии PostgreSQL одного выпуска.
2. Настройте постоянную архивацию с ведущего сервера в каталог архивов WAL на резервном. Убедитесь, что `archive_mode`, `archive_command` и `archive_timeout` установлены в соответствующие значения на ведущем (см. Подраздел 25.3.1).
3. Создайте базовую копию данных ведущего сервера (см. Подраздел 25.3.2) и восстановите её на резервном.
4. Запустите восстановление на резервном сервере из локального архива WAL с помощью команды `restore_command` из файла `recovery.conf` как описано выше (см. Подраздел 25.3.4).

Поток восстановления только читает архив WAL, поэтому, как только файл WAL скопирован на резервную систему, его можно копировать на ленту в то время, как его читает резервный сервер.

Таким образом, работа резервного сервера в целях отказоустойчивости может быть совмещена с долговременным сохранением файлов для восстановления после катастрофических сбоев.

Для целей тестирования возможен запуск ведущего и резервного сервера в одной системе. Это не обеспечивает надёжность серверов, так же как и не подходит под описание высокой доступности.

26.4.2. Построчная трансляция журнала

Так же возможна реализация построчной трансляции журналов с применением альтернативного метода, хотя это требует дополнительных доработок, а изменения будут видны для запросов на сервере горячего резерва только после передачи полного файла WAL.

Внешняя программа может вызвать функцию `pg_walfile_name_offset()` (см. Раздел 9.26) для поиска имени файла и точного смещения в нём от текущего конца WAL. Можно получить доступ к файлу WAL напрямую и скопировать данные из последнего известного окончания WAL до текущего окончания на резервном сервере. При таком подходе интервал возможной потери данных определяется временем цикла работы программы копирования, что может составлять очень малую величину. Так же не потребуется напрасно использовать широкую полосу пропускания для принудительного архивирования частично заполненного файла сегмента. Следует отметить, что на резервном сервере скрипт команды `restore_command` работает только с файлом WAL целиком, таким образом, копирование данных нарастающим итогом не может быть выполнено на резервном обычными средствами. Это используется только в случае отказа ведущего — когда последний частично сформированный файл WAL предоставляется резервному непосредственно перед переключением. Корректная реализация этого процесса требует взаимодействия скрипта команды `restore_command` с данными из программы копирования.

Начиная с PostgreSQL версии 9.0 можно использовать потоковую репликацию (см. Подраздел 26.2.5) для получения этих же преимуществ меньшими усилиями.

26.5. Горячий резерв

Термин «горячий резерв» используется для описания возможности подключаться к серверу и выполнять запросы на чтение, в то время как сервер находится в режиме резерва или восстановления архива. Это полезно и для целей репликации, и для восстановления желаемого состояния из резервной копии с высокой точностью. Так же термин «горячий резерв» описывает способность сервера переходить из режима восстановления к обычной работе, в то время как пользователи продолжают выполнять запросы и/или их соединения остаются открытыми.

В режиме горячего резерва запросы выполняются примерно так же, как и в обычном режиме, с некоторыми отличиями в использовании и администрировании, описанными ниже.

26.5.1. Обзор на уровне пользователя

Когда параметр `hot_standby` на резервном сервере установлен в `true`, то он начинает принимать соединения сразу как только система придёт в согласованное состояние в процессе восстановления. Для таких соединений будет разрешено только чтение, запись невозможна даже во временные таблицы.

Для того, чтобы данные с ведущего сервера были получены на резервном, требуется некоторое время. Таким образом, имеется измеряемая задержка между ведущим и резервным серверами. Поэтому запуск одинаковых запросов примерно в одно время на ведущем и резервном серверах может вернуть разный результат. Можно сказать, что данные на резервном сервере *в конечном счёте согласуются* с ведущим. После того как запись о зафиксированной транзакции воспроизводится на резервном сервере, изменения, совершённые в этой транзакции, становятся видны в любых последующих снимках данных на резервном сервере. Снимок может быть сделан в начале каждого запроса или в начале каждой транзакции в зависимости от уровня изоляции транзакции. Более подробно см. Раздел 13.2.

Транзакции, запущенные в режиме горячего резерва, могут выполнять следующие команды:

- Доступ к данным — `SELECT`, `COPY TO`
- Команды для работы с курсором — `DECLARE`, `FETCH`, `CLOSE`
- Параметры — `SHOW`, `SET`, `RESET`
- Команды явного управления транзакциями
 - `BEGIN`, `END`, `ABORT`, `START TRANSACTION`
 - `SAVEPOINT`, `RELEASE`, `ROLLBACK TO SAVEPOINT`
 - Блок `EXCEPTION` и другие внутренние подчиненные транзакции
- `LOCK TABLE`, только когда выполняется в явном виде в следующем режиме: `ACCESS SHARE`, `ROW SHARE` или `ROW EXCLUSIVE`.
- Планы и ресурсы — `PREPARE`, `EXECUTE`, `DEALLOCATE`, `DISCARD`
- Дополнения и расширения — `LOAD`

Транзакции, запущенные в режиме горячего резерва, никогда не получают ID транзакции и не могут быть записаны в журнал предзаписи. Поэтому при попытке выполнить следующие действия возникнут ошибки:

- Команды манипуляции данными (DML) — `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `COPY FROM`, `TRUNCATE`. Следует отметить, что нет разрешённых действий, которые приводили бы к срабатыванию триггера во время исполнения на резервном сервере. Это ограничение так же касается и временных таблиц, так как строки таблицы не могут быть прочитаны или записаны без обращения к ID транзакции, что в настоящее время не возможно в среде горячего резерва.
- Команды определения данных (DDL) — `CREATE`, `DROP`, `ALTER`, `COMMENT`. Эти ограничения так же относятся и к временным таблицам, так как операции могут потребовать обновления таблиц системных каталогов.
- `SELECT ... FOR SHARE | UPDATE`, так как блокировка строки не может быть проведена без обновления соответствующих файлов данных.
- Правила для выражений `SELECT`, которые приводят к выполнению команд DML.
- `LOCK` которая явно требует режим более строгий чем `ROW EXCLUSIVE MODE`.
- `LOCK` в короткой форме с умолчаниями, так как требует `ACCESS EXCLUSIVE MODE`.
- Команды управления транзакциями, которые в явном виде требуют режим не только для чтения
 - `BEGIN READ WRITE`, `START TRANSACTION READ WRITE`
 - `SET TRANSACTION READ WRITE`, `SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION READ WRITE`
 - `SET transaction_read_only = off`
- Команды двухфазной фиксации — `PREPARE TRANSACTION`, `COMMIT PREPARED`, `ROLLBACK PREPARED`, так как даже транзакции только для чтения нуждаются в записи в WAL на подготовительной фазе (первая фаза двухфазной фиксации).
- Обновление последовательностей — `nextval()`, `setval()`
- `LISTEN`, `UNLISTEN`, `NOTIFY`

При обычной работе транзакции «только для чтения» могут использовать команды `LISTEN`, `UNLISTEN` и `NOTIFY`; таким образом, сеансы горячего резерва работают с несколько большими ограничениями, чем обычные только читающие сеансы. Возможно, что некоторые из этих ограничений будут ослаблены в следующих выпусках.

В режиме горячего резерва параметр `transaction_read_only` всегда имеет значение `true` и изменить его нельзя. Но если не пытаться модифицировать содержимое БД, подключение к серверу в

этом режиме не отличается от подключений к обычным базам данных. При отработке отказа или переключении ролей база данных переходит в обычный режим работы. Когда сервер меняет режим работы, установленные сеансы остаются подключёнными. После выхода из режима горячего резерва становится возможным запускать пишущие транзакции (даже в сеансах, начатых ещё в режиме горячего резерва).

Пользователи могут узнать о нахождении сессии в режиме только для чтения с помощью команды `SHOW transaction_read_only`. Кроме того, набор функций (Таблица 9.80) позволяет пользователям получить доступ к информации о резервном сервере. Это позволяет создавать программы, учитывающие текущий статус базы данных. Такой режим может быть полезен для мониторинга процесса восстановления или для написания комплексного восстановления для особенных случаев.

26.5.2. Обработка конфликтов запросов

Ведущий и резервный серверы связаны между собой многими слабыми связями. События на ведущем сервере оказывают влияние на резервный. В результате имеется потенциальная возможность отрицательного влияния или конфликта между ними. Наиболее простой для понимания конфликт — быстрое действие: если на ведущем происходит загрузка очень большого объёма данных, то происходит создание соответствующего потока записей WAL на резервный сервер. Таким образом, запросы на резервном конкурируют за системные ресурсы, например, ввод-вывод.

Так же может возникнуть дополнительный тип конфликта на сервере горячего резерва. Этот конфликт называется *жёстким конфликтом*, оказывает влияние на запросы, приводя к их отмене, а в некоторых случаях и к обрыву сессии для разрешения конфликтов. Пользователям предоставлен набор средств для обработки подобных конфликтов. Случаи конфликтов включают:

- Установка эксклюзивной блокировки на ведущем сервере, как с помощью явной команды `LOCK`, так и при различных DDL, что приводит к конфликту доступа к таблицам на резервном.
- Удаление табличного пространства на ведущем сервере приводит к конфликту на резервном когда запросы используют это пространство для хранения временных рабочих файлов.
- Удаление базы данных на ведущем сервере конфликтует с сессиями, подключёнными к этой БД на резервном.
- Приложение очистки устаревших транзакций из WAL конфликтует с транзакциями на резервном сервере, которые используют снимок данных, который всё ещё видит какие-то из очищенных на ведущем строк.
- Приложение очистки устаревших транзакций из WAL конфликтует с запросами к целевой странице на резервном сервере вне зависимости от того, являются ли данные удалёнными или видимыми.

В этих случаях на ведущем сервере просто происходит ожидание; пользователю следует выбрать какую их конфликтующих сторон отменить. Тем не менее, на резервном нет выбора: действия из WAL уже произошли на ведущем, поэтому резервный обязан применить их. Более того, позволять обработчику WAL ожидать неограниченно долго может быть крайне нежелательно, так как отставание резервного сервера от ведущего может всё возрастать. Таким образом, механизм обеспечивает принудительную отмену запросов на резервном сервере, которые конфликтуют с применяемыми записями WAL.

Примером такой проблемы может быть ситуация: администратор на ведущем сервере выполнил команду `DROP TABLE` для таблицы, которая сейчас участвует в запросе на резервном. Понятно, что этот запрос нельзя будет выполнять дальше, если команда `DROP TABLE` применится на резервном. Если бы этот запрос выполнялся на ведущем, команда `DROP TABLE` ждала бы его окончания. Но когда на ведущем выполняется только команда `DROP TABLE`, ведущий сервер не знает, какие запросы выполняются на резервном, поэтому он не может ждать завершения подобных запросов. Поэтому если записи WAL с изменением придут на резервный сервер, когда запрос будет продолжать выполняться, возникнет конфликт. В этом случае резервный сервер должен либо задержать применение этих записей WAL (и всех остальных, следующих за ними), либо отменить конфликтующий запрос, чтобы можно было применить `DROP TABLE`.

Если конфликтный запрос короткий, обычно желательно разрешить ему завершиться, ненадолго задержав применение записей WAL, но слишком большая задержка в применении WAL обычно нежелательна. Поэтому механизм отмены имеет параметры `max_standby_archive_delay` и `max_standby_streaming_delay`, которые определяют максимально допустимое время задержки применения WAL. Конфликтующие запросы будут отменены, если они длятся дольше допустимого времени задержки применения очередных записей WAL. Два параметра существуют для того, чтобы можно было задать разные значения для чтения записей WAL из архива (то есть при начальном восстановлении из базовой копии либо при «навёрстывании» ведущего сервера в случае большого отставания) и для получения записей WAL при потоковой репликации.

На резервном сервере, созданном преимущественно для отказоустойчивости, лучше выставить параметры задержек относительно небольшими, чтобы он не мог сильно отстать от ведущего из-за задержек, связанных с ожиданием запросов горячего резерва. Однако если резервный сервер предназначен для выполнения длительных запросов, то высокое значение или даже бесконечное ожидание могут быть предпочтительнее. Тем не менее, следует иметь в виду, что длительные запросы могут оказать влияние на другие сессии на резервном сервере в виде отсутствия последних изменений от ведущего из-за задержки применения записей WAL.

В случае, если задержка, определённая `max_standby_archive_delay` или `max_standby_streaming_delay` будет превышена, конфликтующий запрос будет отменён. Обычно это выражается в виде ошибки отмены, но в случае проигрывания команды `DROP DATABASE` обрывается вся конфликтная сессия. Так же, если конфликт произошел при блокировке, вызванной транзакцией в состоянии IDLE, конфликтная сессия разрывается (это поведение может изменить в будущем).

Отменённые запросы могут быть немедленно повторены (конечно после старта новой транзакции). Так как причина отмены зависит от природы проигрываемых записей WAL, запрос, который был отменён, может быть успешно выполнен вновь.

Следует учесть, что параметры задержки отсчитываются от времени получения резервным сервером данных WAL. Таким образом, период дозволенной работы для запроса на резервном сервере никогда не может быть длиннее параметра задержки и может быть существенно короче, если резервный уже находится в режиме задержки в результате ожидания предыдущего запроса или результат не доступен из-за высокой нагрузки обновлений.

Наиболее частой причиной конфликтов между запросами на резервном сервере и проигрыванием WAL является преждевременная очистка. Обычно PostgreSQL допускает очистку старых версий записей при условии что ни одна из транзакций их не видит согласно правилам видимости данных для MVCC. Тем не менее, эти правила применяются только для транзакций, выполняемых на главном сервере. Таким образом, допустима ситуация, когда на главном запись уже очищена, но эта же запись всё ещё видна для транзакций на резервном сервере.

Для опытных пользователей следует отметить, что как очистка старых версий строк, так и заморозка версии строки могут потенциально вызвать конфликт с запросами на резервном сервере. Ручной запуск команды `VACUUM FREEZE` может привести к конфликту, даже в таблице без обновленных и удалённых строк.

Пользователи должны понимать, что регулярное и активное изменение данных в таблицах на ведущем сервере чревато отменой длительных запросов на резервном. В таком случае установка конечного значения для `max_standby_archive_delay` или `max_standby_streaming_delay` действует подобно ограничению `statement_timeout`.

В случае, если количество отменённых запросов на резервном сервере получается неприемлемым, существует ряд дополнительных возможностей. Первая возможность — установить параметр `hot_standby_feedback`, который не даёт команде `VACUUM` удалять записи, ставшие недействительными недавно, что предотвращает конфликты очистки. При этом следует учесть, что это вызывает задержку очистки мёртвых строк на ведущем, что может привести к нежелательному распуханию таблицы. Тем не менее, в итоге ситуация будет не хуже, чем если бы запросы к резервному серверу исполнялись непосредственно на ведущем, но при этом сохранится положительный эффект от раз-

деления нагрузки. В случае, когда соединение резервных серверов с ведущим часто разрывается, следует скорректировать период, в течение которого обратная связь через `hot_standby_feedback` не обеспечивается. Например, следует подумать об увеличении `max_standby_archive_delay`, чтобы запросы отменялись не сразу при конфликтах с архивом WAL в период разъединения. Также может иметь смысл увеличить `max_standby_streaming_delay` для предотвращения быстрой отмены запросов из-за полученных записей WAL после восстановления соединения.

Другая возможность — увеличение `vacuum_defer_cleanup_age` на ведущем сервере таким образом, чтобы мёртвые записи не очищались бы так быстро, как при обычном режиме работы. Это даёт запросам на резервном сервере больше времени на выполнение, прежде чем они могут быть отменены, без увеличения задержки `max_standby_streaming_delay`. Тем не менее при таком подходе очень трудно обеспечить какое-то определённое окно по времени, так как `vacuum_defer_cleanup_age` измеряется в количестве транзакций, выполняемых на ведущем сервере.

Количество отменённых запросов и причины отмены можно просмотреть через системное представление `pg_stat_database_conflicts` на резервном сервере. Системное представление `pg_stat_database` так же содержит итоговую информацию.

26.5.3. Обзор административной части

Если в файле `postgresql.conf` для параметра `hot_standby` задано значение `on` (по умолчанию) и существует файл `recovery.conf`, сервер запустится в режиме горячего резерва. Однако может пройти некоторое время, прежде чем к нему можно будет подключиться, так как он не будет принимать подключения, пока не произведёт восстановление до согласованного состояния, подходящего для выполнения запросов. (Информация о согласованности состояния записывается на ведущем сервере в контрольной точке.) В течение этого периода клиенты при попытке подключения будут получать сообщение об ошибке. Убедиться, что сервер включился в работу, можно либо повторяя попытки подключения из приложения до успешного подключения, либо дождавшись появления в журналах сервера этих сообщений:

```
LOG:  entering standby mode
```

```
... then some time later ...
```

```
LOG:  consistent recovery state reached
```

```
LOG:  database system is ready to accept read only connections
```

Включить горячий резерв нельзя, если WAL был записан в период, когда на ведущем сервере параметр `wal_level` имел значение не `replica` и не `logical`. Достижение согласованного состояния также может быть отсрочено, если имеют место оба этих условия:

- Пишущая транзакция имеет более 64 подтранзакций
- Очень длительные пишущие транзакции

Если вы применяете файловую репликацию журналов («тёплый резерв»), возможно, придётся ожидать прибытия следующего файла WAL (максимальное время ожидания задаётся параметром `archive_timeout` на ведущем сервере).

Значения некоторых параметров на резервном сервере необходимо изменить при модификации их на ведущем. Для таких параметров значения на резервном сервере должны быть не меньше значений на ведущем. Таким образом, если вы хотите увеличить их, вы сначала должны сделать это на резервных серверах, а затем применить изменения на ведущем. И наоборот, если вы хотите их уменьшить, сначала сделайте это на ведущем сервере, а потом примените изменения на всех резервных. Если параметры имеют недостаточно большие значения, резервный сервер не сможет начать работу. В этом случае можно увеличить их и повторить попытку запуска сервера, чтобы он возобновил восстановление. Это касается следующих параметров:

- `max_connections`
- `max_prepared_transactions`

- `max_locks_per_transaction`
- `max_worker_processes`

Очень важно для администратора выбрать подходящие значения для `max_standby_archive_delay` и `max_standby_streaming_delay`. Оптимальное значение зависит от приоритетов. Например, если основное назначение сервера — обеспечение высокой степени доступности, то следует установить короткий период, возможно даже нулевой, хотя это очень жёсткий вариант. Если резервный сервер планируется как дополнительный сервер для аналитических запросов, то приемлемой будет максимальная задержка в несколько часов или даже -1, что означает бесконечное ожидание окончания запроса.

Вспомогательные биты статуса транзакций, записанные на ведущем, не попадают в WAL, так что они, скорее всего, будут перезаписаны на нём при работе с данными. Таким образом, резервный сервер будет производить запись на диск, даже если все пользователи только читают данные, ничего не меняя. Кроме того, пользователи будут записывать временные файлы при сортировке больших объёмов и обновлять файлы кеша. Поэтому в режиме горячего резерва ни одна часть базы данных фактически не работает в режиме «только чтение». Следует отметить, что также возможно выполнить запись в удалённую базу данных с помощью модуля `dblink` и другие операции вне базы данных с применением PL-функций, несмотря на то, что транзакции по-прежнему смогут только читать данные.

Следующие типы административных команд недоступны в течение режима восстановления:

- Команды определения данных (DDL) — например: `CREATE INDEX`
- Команды выдачи привилегий и назначения владельца — `GRANT`, `REVOKE`, `REASSIGN`
- Команды обслуживания — `ANALYZE`, `VACUUM`, `CLUSTER`, `REINDEX`

Ещё раз следует отметить, что некоторые из этих команд фактически доступны на ведущем сервере для транзакций в режиме только для чтения.

В результате нельзя создать дополнительные индексы или статистику, чтобы они существовали только на резервном. Если подобные административные команды нужны, то их следует выполнить на ведущем сервере, затем эти изменения будут распространены на резервные серверы.

Функции `pg_cancel_backend()` и `pg_terminate_backend()` работают на стороне пользователя, но не для процесса запуска, который обеспечивает восстановление. Представление `pg_stat_activity` не показывает восстанавливаемые транзакции как активные. Поэтому представление `pg_prepared_xacts` всегда пусто в ходе восстановления. Если требуется разобрать сомнительные подготовленные транзакции, следует обратиться к `pg_prepared_xacts` на ведущем и выполнить команды для разбора транзакций там либо разобрать их по окончании восстановления.

`pg_locks` отображает блокировки, происходящие в процессе работы сервера как обычно. `pg_locks` так же показывает виртуальные транзакции, обработанные процессом запуска, которому принадлежат все `AccessExclusiveLocks`, наложенные транзакциями в режиме восстановления. Следует отметить, что процесс запуска не запрашивает блокировки, чтобы внести изменения в базу данных, поэтому блокировки, отличные от `AccessExclusiveLocks` не показываются в `pg_locks` для процесса запуска, подразумевается их существование.

Модуль `check_pgsq1` для Nagios будет работать, так как сервер выдаёт простую информацию, наличие которой он проверяет. Скрипт мониторинга `check_postgres` так же работает, хотя для некоторых выдаваемых показателей результаты могут различаться или вводить в заблуждение. Например, нельзя отследить время последней очистки, так как очистка не производится на резервном сервере. Очистка запускается на ведущем сервере и результаты её работы передаются резервному.

Команды управления файлами WAL, например `pg_start_backup`, `pg_switch_wal` и т. д. не будут работать во время восстановления.

Динамически загружаемые модули работать будут, включая `pg_stat_statements`.

Рекомендательная блокировка работает обычно при восстановлении, включая обнаружение взаимных блокировок. Следует отметить, что рекомендательная блокировка никогда не попадает в WAL, таким образом для рекомендательной блокировки как на ведущем сервере, так и на резервном, невозможен конфликт с проигрыванием WAL. Но возможно получение рекомендательной блокировки на ведущем сервере, а затем получение подобной рекомендательной блокировки на резервном. Рекомендательная блокировка относится только к серверу, на котором она получена.

Системы репликации на базе триггеров, подобные Slony, Londiste и Bucardo не могут запускаться на резервном сервере вовсе, хотя они превосходно работают на ведущем до тех пор, пока не будет подана команда не пересылать изменения на резервный. Проигрывание WAL не основано на триггерах, поэтому поток WAL нельзя транслировать с резервного сервера в другую систему, которая требует дополнительной записи в БД или работает на основе триггеров.

Новые OID не могут быть выданы, хотя, например генераторы UUID смогут работать, если они не пытаются записывать новое состояние в базу данных.

В настоящий момент создание временных таблиц недопустимо при транзакции только для чтения, в некоторых случаях существующий скрипт будет работать неверно. Это ограничение может быть ослаблено в следующих выпусках. Это одновременно требование SQL стандарта и техническое требование.

Команда `DROP TABLESPACE` может быть выполнена только если табличное пространство пусто. Некоторые пользователи резервного сервера могут активно использовать табличное пространство через параметр `temp_tablespaces`. Если имеются временные файлы в табличных пространствах, все активные запросы отменяются для обеспечения удаления временных файлов, затем табличное пространство может быть удалено и продолжено проигрывание WAL.

Выполнение команды `DROP DATABASE` или `ALTER DATABASE ... SET TABLESPACE` на ведущем сервере приводит к созданию записи в WAL, которая вызывает принудительное отключение всех пользователей, подключённых к этой базе данных на резервном. Это происходит немедленно, вне зависимости от значения `max_standby_streaming_delay`. Следует отметить, что команда `ALTER DATABASE ... RENAME` не приводит к отключению пользователей, так что обычно она действует незаметно, хотя в некоторых случаях возможны сбои программ, которые зависят от имени базы данных.

Если вы в обычном режиме (не в режиме восстановления) выполните `DROP USER` или `DROP ROLE` для роли с возможностью подключения, в момент, когда этот пользователь подключён, на данном пользователе это никак не отразится — он останется подключённым. Однако переподключиться он уже не сможет. Это же поведение действует в режиме восстановления — если выполнить `DROP USER` на ведущем сервере, пользователь не будет отключён от резервного.

Сборщик статистики работает во время восстановления. Все операции сканирования, чтения, блоки, использование индексов и т. п. будут записаны обычным образом на резервном сервере. Действия, происходящие при проигрывании, не будут дублировать действия на ведущем сервере, то есть проигрывание команды вставки не увеличит значение столбца `Inserts` в представлении `pg_stat_user_tables`. Файлы статистики удаляются с началом восстановления, таким образом, статистика на ведущем сервере и резервном будет разной. Это является особенностью, не ошибкой.

Автоматическая очистка не работает во время восстановления. Она запустится в обычном режиме после завершения восстановления.

Во время восстановления активен фоновый процесс записи, он обрабатывает точки перезапуска (подобно контрольным точкам на ведущем сервере) и выполняет обычную очистку блоков. В том числе он может обновлять вспомогательные биты, сохранённые на резервном. Во время восстановления принимается команда `CHECKPOINT`, но она производит точку перезапуска, а не создаёт новую точку восстановления.

26.5.4. Ссылки на параметры горячего резерва

Различные параметры были упомянуты выше в Подразделе 26.5.2 и Подразделе 26.5.3.

На ведущем могут применяться параметры `wal_level` и `vacuum_defer_cleanup_age`. Параметры `max_standby_archive_delay` и `max_standby_streaming_delay` на ведущем не действуют.

На резервном сервере могут применяться параметры `hot_standby`, `max_standby_archive_delay` и `max_standby_streaming_delay`. Параметр `vacuum_defer_cleanup_age` на нём не действует, пока сервер остаётся в режиме резервного сервера. Но если он станет ведущим, его значение вступит в силу.

26.5.5. Ограничения

Имеются следующие ограничения горячего резерва. Они могут и скорее всего будут исправлены в следующих выпусках:

- Требуется информация о всех запущенных транзакциях перед тем как будет создан снимок данных. Транзакции, использующие большое количество подтранзакций (в настоящий момент больше 64), будут задерживать начало соединения только для чтения до завершения самой длинной пишущей транзакции. При возникновении этой ситуации поясняющее сообщение будет записано в журнал сервера.
- Подходящие стартовые точки для запросов на резервном сервере создаются при каждой контрольной точке на главном. Если резервный сервер отключается, в то время как главный был в отключённом состоянии, может оказаться невозможным возобновить его работу в режиме горячего резерва, до того, как запустится ведущий и добавит следующие стартовые точки в журналы WAL. Подобная ситуация не является проблемой для большинства случаев, в которых она может произойти. Обычно, если ведущий сервер выключен и больше не доступен, это является следствием серьёзного сбоя и в любом случае требует преобразования резервного в новый ведущий. Так же в ситуации, когда ведущий отключён намеренно, проверка готовности резервного к преобразованию в ведущий тоже является обычной процедурой.
- В конце восстановления блокировки `AccessExclusiveLocks`, вызванные подготовленными транзакциями, требуют удвоенное, в сравнении с нормальным, количество блокировок записей таблицы. Если планируется использовать либо большое количество конкурирующих подготовленных транзакций, обычно вызывающие `AccessExclusiveLocks`, либо большие транзакции с применением большого количества `AccessExclusiveLocks`, то рекомендуется выбрать большое значение параметра `max_locks_per_transaction`, возможно в два раза большее, чем значение параметра на ведущем сервере. Всё это не имеет значения, когда `max_prepared_transactions` равно 0.
- Уровень изоляции транзакции `Serializable` в настоящее время недоступен в горячем резерве. (За подробностями обратитесь к Подразделу 13.2.3 и Подразделу 13.4.1) Попытка выставить для транзакции такой уровень изоляции в режиме горячего резерва вызовет ошибку.

Глава 27. Конфигурация восстановления

Глава описывает параметры, задаваемые в файле `recovery.conf`. Они применяются лишь во время восстановления и должны заново устанавливаться перед каждым последующим восстановлением. После начала процесса они не могут быть изменены.

Параметры в файле `recovery.conf` указываются в формате `name = 'value'`. Каждый параметр должен располагаться на отдельной строке. Для строчного комментария используется хеш (#). Чтобы включить апостроф в значение параметра, продублируйте его ('').

Пример файла `share/recovery.conf.sample`, поставляемый в рамках дистрибутива, размещён в каталоге `share/`.

27.1. Параметры восстановления из архива

`restore_command(string)`

Это команда оболочки ОС, которая выполняется для извлечения архивного сегмента файлов WAL. Этот параметр требуется для восстановления из архива, но необязателен для потоковой репликации. Любое вхождение `%f` в строке заменяется именем извлекаемого из архива файла, а `%p` заменяется на путь назначения при копировании на сервере. (Путь указывается относительно текущего рабочего каталога, т. е. относительно каталога хранения данных кластера.) Любое вхождение `%r` заменяется на имя файла, в котором содержится последняя действительная точка восстановления. Это самый ранний файл, который необходимо хранить для возможности восстановления, и эту информацию можно использовать для усечения архива в целях его минимизации. `%r` обычно используется при организации тёплого резерва (см. Раздел 26.2). Для того чтобы указать символ `%`, продублируйте его (`%%`).

Обратите внимание, что команда должна возвращать ноль на выходе лишь в случае успешного выполнения. У команды *будет* запрошен список имён файлов, которые отсутствуют в архиве; в этом случае она должна возвращать ненулевой статус. Примеры:

```
restore_command = 'cp /mnt/server/archivedir/%f "%p"'
restore_command = 'copy "C:\\server\\archivedir\\%f" "%p"' # Windows
```

В случае прерывания команды сигналом (отличным от SIGTERM, который используется для остановки сервера баз данных) или при возникновении ошибки оболочки (например, если команда не найдена), процесс восстановления будет остановлен и сервер не запустится.

`archive_cleanup_command(string)`

Этот необязательный параметр указывает команду оболочки ОС, которая будет вызываться при каждой точке перезапуска. Назначение команды `archive_cleanup_command` в том, чтобы предоставить механизм очистки от старых архивных файлов WAL, которые более не нужны на резервном сервере. Любое вхождение `%r` заменяется на имя файла, содержащего последнюю действительную точку восстановления. Это самый ранний файл, который необходимо *хранить* для возможности восстановления, а более старые файлы, чем `%r`, могут быть безболезненно удалены. Эта информация может быть использована для усечения архива с целью его минимизации при сохранении возможности последующего восстановления из заданной точки. Модуль `pg_archivecleanup` часто используется в качестве значения параметра `archive_cleanup_command` в конфигурациях с одним резервным сервером, например:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup /mnt/server/archivedir %r'
```

Стоит обратить внимание, что в конфигурациях с множеством резервных серверов, использующих общий архивный каталог для восстановления, необходимо контролировать удаление файлов WAL, так как для некоторых они ещё могут требоваться. Поэтому `archive_cleanup_command` обычно используется при организации тёплого резерва (см. Раздел 26.2). Для того чтобы указать символ `%` в команде, он пишется дважды `%%`.

Если команда вернёт ненулевой статус завершения, то в журнал будет записано предупреждающее сообщение. В ситуации когда команда прерывается сигналом или в случае ошибки оболочки ОС (например, команда не найдена), будет вызвана фатальная ошибка.

`recovery_end_command (string)`

Этот необязательный параметр указывает команду оболочки, которая будет выполнена единожды в конце процесса восстановления. Назначение параметра `recovery_end_command` в предоставлении механизма очистки, следующего за репликацией или восстановлением. Любое вхождение `%r` заменяется именем файла, содержащим последнюю действительную точку восстановления, например, как в `archive_cleanup_command`.

Если команда вернёт ненулевой статус завершения, то в журнал будет записано предупреждающее сообщение, но при этом запуск сервера будет продолжен. За исключением случаев, когда команда прервана сигналом или при возникновении ошибки оболочки ОС (например, команда не найдена). В таких случаях база данных не будет запускаться.

27.2. Параметры управления восстановлением

По умолчанию процесс восстановления производится вплоть до окончания журнала WAL. Нижеуказанные параметры могут использоваться, чтобы остановить процесс восстановления в более ранней точке. Использоваться может только один из параметров `recovery_target`, `recovery_target_lsn`, `recovery_target_name`, `recovery_target_time` и `recovery_target_xid`; если в конфигурационном файле задано несколько параметров, будет использоваться последний.

`recovery_target= 'immediate'`

Данный параметр указывает, что процесс восстановления должен завершиться, как только будет достигнуто целостное состояние, т. е. как можно раньше. При восстановлении из оперативной резервной копии, это будет точкой, в которой завершился процесс резервного копирования.

Технически, это строковый параметр, но значение `'immediate'` единственно допустимое в данный момент.

`recovery_target_name (string)`

Этот параметр указывает именованную точку восстановления (созданную с помощью `pg_create_restore_point()`), до которой будет производиться восстановление.

`recovery_target_time (timestamp)`

Данный параметр указывает точку времени, вплоть до которой будет производиться восстановление. Точность этой точки останова также зависит от `recovery_target_inclusive`.

`recovery_target_xid (string)`

Параметр указывает идентификатор транзакции, вплоть до которой необходимо произвести процедуру восстановления. Имейте в виду, что несмотря на то, что при старте идентификаторы транзакций назначаются последовательно, завершаться они могут в ином порядке. Восстанавливаемые транзакции это те, что были зафиксированы до указанной (и, возможно, включая её). Точность точки останова также зависит от `recovery_target_inclusive`.

`recovery_target_lsn (pg_lsn)`

Данный параметр указывает LSN позиции в журнале предзаписи, до которой должно выполняться восстановление. Точная позиция останова зависит также от параметра `recovery_target_inclusive`. Данный параметр принимает значение системного типа данных `pg_lsn`.

Следующие параметры уточняют целевую точку восстановления и оказывают влияние на процесс при её достижении:

`recovery_target_inclusive` (boolean)

Указывает на необходимость остановки сразу после (`true`) либо до (`false`) достижения целевой точки. Применяется одновременно с `recovery_target_lsn`, `recovery_target_time` или `recovery_target_xid`. Этот параметр определяет, нужно ли восстанавливать транзакции, у которых позиция в WAL (LSN), время фиксации либо идентификатор в точности совпадает с заданным соответствующим значением. Значение по умолчанию — `true`.

`recovery_target_timeline` (string)

Указывает линию времени для восстановления. По умолчанию производится восстановление той же линии времени, которая была текущей в момент создания базовой резервной копии. Со значением `latest` восстанавливаться будет последняя линия времени, найденная в архиве, что полезно для резервного сервера. Иное значение параметра может потребоваться в более сложной ситуации повторного восстановления, когда необходимо вернуться к состоянию, которое само было достигнуто после восстановления на момент времени. Это обсуждается в Подразделе 25.3.5.

`recovery_target_action` (enum)

Указывает, какое действие должен предпринять сервер после достижения цели восстановления. Вариант по умолчанию — `pause`, что означает приостановку восстановления. Вторым вариантом, `promote`, означает, что процесс восстановления завершится и сервер начнёт принимать подключения. Наконец, с вариантом `shutdown` сервер остановится, как только цель восстановления будет достигнута.

Вариант `pause` позволяет выполнить запросы к базе данных и убедиться в том, что достигнутая цель оказалась желаемой точкой восстановления. Для снятия с паузы нужно вызвать `pg_wal_replay_resume()` (см. Таблицу 9.81), что в итоге приведёт к завершению восстановления. Если же окажется, что мы ещё не достигли желаемой точки восстановления, нужно остановить сервер, установить более позднюю цель и перезапустить сервер для продолжения восстановления.

Вариант `shutdown` полезен для получения готового экземпляра сервера в желаемой точке. При этом данный экземпляр сможет воспроизводить дополнительные записи WAL (и на самом деле ему придётся воспроизводить записи WAL после последней контрольной точки при следующем перезапуске).

Заметьте, что так как `recovery.conf` не переименовывается, когда в `recovery_target_action` выбран вариант `shutdown`, при последующем запуске будет происходить немедленная остановка, пока вы не измените конфигурацию или не удалите файл `recovery.conf` вручную.

Этот параметр не действует, если цель восстановления не установлена. Если не включён режим `hot_standby`, значение `pause` действует так же, как и `shutdown`.

27.3. Параметры резервного сервера

`standby_mode` (boolean)

Указывает, является ли сервер PostgreSQL резервным или нет. Если параметр установлен в `on`, то сервер не прекратит восстановление по окончании последнего архивного файла WAL, а продолжит попытки извлечения новых сегментов WAL посредством команды `restore_command` и/или через подключение к ведущему, как указано в параметре `primary_conninfo`.

`primary_conninfo` (string)

Указывает строку подключения ведомого сервера к ведущему. Строка описана в формате согласно Подраздел 34.1.1. Вместо опущенных параметров подключения используются соответствующие переменные окружения (см. Раздел 34.14). Если же какие-то переменные не установлены, то используются значения по умолчанию.

Строка может содержать имя (или адрес) основного сервера и порт подключения. Также можно указать необходимого пользователя на ведущем сервере с требуемыми привилегиями (см. Подраздел 26.2.5.1). Если настроена аутентификация по паролю, то его также необходимо указать. Пароль можно указать как в строке подключения `primary_conninfo`, так и в файле `~/.pgpass` ведомого сервера (в качестве имени базы данных используйте `replication`). Не указывайте имя базы данных среди параметров подключения `primary_conninfo`.

Этот параметр не действует, если `standby_mode` имеет значение `off`.

`primary_slot_name` (string)

Дополнительно указывает заранее созданный слот при потоковой репликации для контроля очистки ресурсов подключённого узла (см. Подраздел 26.2.6). Этот параметр не действует, если не указана строка подключения `primary_conninfo`.

`trigger_file` (string)

Указывает триггерный файл, наличие которого завершает работу в режиме резервирования. Даже если это значение не установлено, существует возможность назначить резервный сервер основным с помощью команды `pg_ctl promote`. Этот параметр не действует, если параметр `standby_mode` имеет значение `off`.

`recovery_min_apply_delay` (integer)

По умолчанию ведомый сервер восстанавливает записи WAL ведущего настолько быстро, насколько это возможно. Иногда полезно иметь возможность задать задержку при копировании данных, например, для устранения ошибок, связанных с потерей данных. Параметр позволяет задать эту задержку, указав период времени в миллисекундах (по умолчанию) или иных единицах измерения. Например, если установить значение `5min`, ведомый сервер будет воспроизводить фиксацию транзакции не раньше, чем через 5 минут (судя по его системным часам) после времени фиксации, сообщённого ведущим.

Возможна ситуация, когда задержка репликации между серверами превышает значение этого параметра. В этом случае дополнительная задержка не добавляется. Заметьте, что задержка вычисляется как разница между меткой времени, записанной в WAL на ведущем сервере, и текущим временем на резервном. Запаздывание передачи, связанное с задержками в сети или каскадной репликацией, может существенно сократить реальное время ожидания. Если время на главном и резервном сервере не синхронизировано, это может приводить к применению записей ранее ожидаемого, однако это не очень важно, потому что полезные значения этого параметра намного превышают типичное расхождение во времени между двумя серверами.

Задержка применяется лишь для записей WAL, представляющих фиксацию транзакций. Остальные записи проигрываются незамедлительно, так как их эффект не будет замечен до применения соответствующей записи о фиксации транзакции, благодаря правилам видимости MVCC.

Задержка добавляется, как только восстанавливаемая база данных достигает согласованного состояния, и исключается, когда резервный сервер переключается в режим основного. С момента переключения резервный сервер завершает восстановление незамедлительно.

Данный параметр предназначен для применения в конфигурациях с потоковой репликацией; однако, если он задан, он будет учитываться в любых случаях. Задержка, устанавливаемая этим параметром, распространяется и на сообщения `hot_standby_feedback`, что может привести к раздуванию базы на главном сервере; сочетание этих параметров требует осторожности.

Предупреждение

Этот параметр влияет на синхронную репликацию, когда `synchronous_commit` имеет значение `remote_apply`; каждый COMMIT будет ждать подтверждения применения.

Глава 28. Мониторинг работы СУБД

Администратор базы данных часто задумывается — «чем в данный момент занята система?» В этой главе рассказывается о том, как это выяснить.

Для мониторинга работы СУБД и анализа её производительности существуют различные инструменты. Большая часть этой главы посвящена описанию работы сборщика статистики PostgreSQL, однако не следует пренебрегать и обычными командами мониторинга Unix, такими как `ps`, `top`, `iostat`, и `vmstat`. Кроме того, после обнаружения запроса с низкой производительностью может потребоваться дополнительное исследование с использованием PostgreSQL команды `EXPLAIN`. В Разделе 14.1 рассматриваются `EXPLAIN` и другие методы для изучения поведения отдельного запроса.

28.1. Стандартные инструменты Unix

В большинстве Unix-платформ PostgreSQL модифицирует заголовок команды, который выводится на экран при выполнении команды `ps`, так что серверные процессы можно легко различить. Пример вывода этой команды:

```
$ ps auxww | grep ^postgres
postgres 15551 0.0 0.1 57536 7132 pts/0    S   18:02   0:00 postgres -i
postgres 15554 0.0 0.0 57536 1184 ?        Ss  18:02   0:00 postgres: background
writer
postgres 15555 0.0 0.0 57536  916 ?        Ss  18:02   0:00 postgres:
checkpointer
postgres 15556 0.0 0.0 57536  916 ?        Ss  18:02   0:00 postgres: walwriter
postgres 15557 0.0 0.0 58504 2244 ?        Ss  18:02   0:00 postgres: autovacuum
launcher
postgres 15558 0.0 0.0 17512 1068 ?        Ss  18:02   0:00 postgres: stats
collector
postgres 15582 0.0 0.0 58772 3080 ?        Ss  18:04   0:00 postgres: joe runbug
127.0.0.1 idle
postgres 15606 0.0 0.0 58772 3052 ?        Ss  18:07   0:00 postgres: tgl
regression [local] SELECT waiting
postgres 15610 0.0 0.0 58772 3056 ?        Ss  18:07   0:00 postgres: tgl
regression [local] idle in transaction
```

(Формат вызова `ps`, а также детали отображаемой информации зависят от платформы. Это пример для одной из последних Linux-систем.) Первым здесь отображается главный процесс сервера. Для этого процесса отображены аргументы команды, которые использовались при его запуске. Следующие пять процессов — это фоновые рабочие процессы, которые были автоматически запущены процессом сервера. (Процесса «stats collector» в этом списке не будет, если запуск сборщика статистики отключён в системе; аналогично может быть отключён и процесс «autovacuum launcher» — фоновый процесс автоочистки.) Во всех остальных строках перечислены серверные процессы, каждый из которых обслуживает одно клиентское подключение. Командная строка каждого такого процесса имеет следующий формат:

```
postgres: имя_сервера база_данных компьютер активность
```

Пользователь, СУБД и компьютер (клиента) остаются неизменными на протяжении всего клиентского подключения, а индикатор деятельности меняется. Возможные виды деятельности: `idle` (т. е. ожидание команды клиента), `idle in transaction` (ожидание клиента внутри блока `BEGIN`) или название типа команды, например, `SELECT`. Кроме того, если в настоящий момент серверный процесс ожидает высвобождения блокировки, которую держит другая сессия, то к виду деятельности добавляется `waiting`. В приведённом выше примере мы видим, что процесс 15606 ожидает, когда процесс 15610 завершит свою транзакцию и, следовательно, освободит какую-то блокировку. (Процесс 15610 является блокирующим, поскольку никаких других активных сессий нет. В более сложных случаях может потребоваться обращение к системному представлению `pg_locks`, для того чтобы определить, кто кого блокирует.)

Если установлено значение `cluster_name`, имя кластера также будет показываться в выводе команды `ps`:

```
$ psql -c 'SHOW cluster_name'
 cluster_name
-----
 server1
(1 row)

$ ps aux|grep server1
postgres  27093  0.0   0.0   30096   2752 ?        Ss   11:34   0:00 postgres: server1:
background writer
...
```

Если параметр `update_process_title` был отключён, то индикатор деятельности не обновляется; название процесса устанавливается только один раз при запуске нового процесса. На некоторых платформах это позволяет значительно сократить накладные расходы при выполнении команды; на других платформах этот выигрыш может быть незначителен.

Подсказка

В Solaris требуется особый подход. Следует использовать `/usr/ucb/ps` вместо `/bin/ps`. Также следует использовать два флага `w`, а не один. Кроме того, при выводе статусов команд с помощью `ps` статус для исходной команды `postgres` должен отображаться в сокращённом формате для каждого серверного процесса. Если вы не сделаете все три вещи, то вывод `ps` для каждого серверного процесса будет исходной командной строкой `postgres`.

28.2. Сборщик статистики

Сборщик статистики в PostgreSQL представляет собой подсистему, которая собирает и отображает информацию о работе сервера. В настоящее время сборщик может подсчитывать количество обращений к таблицам и индексам — в виде количества прочитанных блоков или строк с диска. Кроме того, он отслеживает общее число строк в каждой таблице, информацию о выполнении очистки и сбора статистики для каждой таблицы. Он также может подсчитывать вызовы пользовательских функций и общее время, затраченное на выполнение каждой из них.

Кроме того, PostgreSQL может предоставить динамическую информацию о том, что происходит в системе прямо сейчас, в частности, сообщить, какие именно команды выполняются другими серверными процессами и какие другие соединения существуют в системе. Эта возможность не зависит от процесса сборщика.

28.2.1. Конфигурация системы сбора статистики

Поскольку сбор статистики несколько увеличивает накладные расходы при выполнении запроса, есть возможность настроить СУБД так, чтобы выполнять или не выполнять сбор статистической информации. Это контролируется конфигурационными параметрами, которые обычно устанавливаются в файле `postgresql.conf`. (Подробно установка конфигурационных параметров описывается в Главе 19.)

Параметр `track_activities` включает мониторинг текущих команд, выполняемой любым серверным процессом.

Параметр `track_counts` определяет необходимость сбора статистики по обращениям к таблицам и индексам.

Параметр `track_functions` включает отслеживание использования пользовательских функций.

Параметр `track_io_timing` включает мониторинг времени чтения и записи блоков.

Обычно эти параметры устанавливаются в `postgresql.conf`, поэтому они применяются ко всем серверным процессам, однако, используя команду `SET`, их можно включать и выключать в отдельных сессиях. (Для того чтобы обычные пользователи не скрывали свою работу от администратора СУБД, изменять эти параметры с помощью команды `SET` могут только суперпользователи.)

Сборщик статистики использует временные файлы для передачи собранной информации другим процессам PostgreSQL. Имя каталога, в котором хранятся эти файлы, задаётся параметром `stats_temp_directory`, по умолчанию он называется `pg_stat_tmp`. Для повышения производительности `stats_temp_directory` может указывать на каталог, расположенный в оперативной памяти, что сокращает время физического ввода/вывода. При остановке сервера постоянная копия статистической информации сохраняется в подкаталоге `pg_stat`, поэтому статистику можно хранить на протяжении нескольких перезапусков сервера. Когда восстановление выполняется при запуске сервера (например, после непосредственного завершения работы, катастрофического отказа сервера, и восстановлении на заданную точку во времени), все статистические данные счётчиков сбрасываются.

28.2.2. Просмотр статистики

Для просмотра текущего состояния системы предназначены несколько предопределённых представлений, которые перечислены в Таблице 28.1. В дополнение к ним есть несколько других представлений, перечисленных в Таблице 28.2, позволяющих просмотреть результаты сбора статистики. Кроме того, на базе нижележащих статистических функций можно создать собственные представления, как описано в Подразделе 28.2.3.

Наблюдая собранные данные в сборщике статистики, важно понимать, что эта информация обновляется не сразу. Каждый серверный процесс передаёт новые статистические данные сборщику статистики непосредственно перед переходом в режим ожидания; то есть запрос или транзакция в процессе выполнения не влияют на отображаемые данные статистики. К тому же, сам сборщик статистики формирует новый отчёт не чаще, чем раз в `PGSTAT_STAT_INTERVAL` миллисекунд (500 мс, если этот параметр не изменялся при компиляции сервера). Так что отображаемая информация отстаёт от того, что происходит в настоящий момент. Однако информация о текущем запросе, собираемая с параметром `track_activities`, всегда актуальна.

Ещё одним важным моментом является то, что когда в серверном процессе запрашивают какую-либо статистику, сначала он получает наиболее свежий моментальный снимок от сборщика статистики и затем до окончания текущей транзакции использует этот снимок для всех статистических представлений и функций. Так что на протяжении одной транзакции статистическая информация меняться не будет. Подобным же образом информация о текущих запросах во всех сессиях собирается в тот момент, когда она впервые запрашивается в рамках транзакции, и эта же самая информация будет отображаться на протяжении всей транзакции. Это не ошибка, а полезное свойство СУБД, поскольку оно позволяет выполнять запросы к статистическим данным и сравнивать результаты, не беспокоясь о том, что статистические данные изменяются. Но если для каждого запроса вам нужны новые результаты, то их следует выполнять вне любых транзакционных блоков. Или же можно вызывать функцию `pg_stat_clear_snapshot()`, которая сбросит ранее полученный снимок статистики в текущей транзакции (если он был). При следующем обращении к статистической информации будет сформирован новый моментальный снимок.

Через представления `pg_stat_xact_all_tables`, `pg_stat_xact_sys_tables`, `pg_stat_xact_user_tables`, и `pg_stat_xact_user_functions` транзакции также доступна её собственная статистика (ещё не переданная сборщику статистики). Данные в этих представлениях ведут себя не так, как описано выше; наоборот, в течение транзакции они постоянно обновляются.

Таблица 28.1. Динамические статистические представления

Имя представления	Описание
<code>pg_stat_activity</code>	Одна строка для каждого серверного процесса с информацией по текущей активности процесса, такой как состояние и текущий запрос. За подробностями обратитесь к <code>pg_stat_activity</code> .

Имя представления	Описание
<code>pg_stat_replication</code>	По одной строке для каждого процесса-передатчика WAL со статистикой по репликации на ведомом сервере, к которому подключён этот процесс. За подробностями обратитесь к <code>pg_stat_replication</code> .
<code>pg_stat_wal_receiver</code>	Только одна строка со статистикой приёмника WAL, полученной с сервера, на котором работает приёмник. За подробностями обратитесь к <code>pg_stat_wal_receiver</code> .
<code>pg_stat_subscription</code>	Как минимум одна строка для подписки, сообщающая о рабочих процессах подписки. За подробностями обратитесь к <code>pg_stat_subscription</code> .
<code>pg_stat_ssl</code>	Одна строка для каждого подключения (обычного и реплицирующего), в которой показывается информация об использовании SSL для данного подключения. Подробности описаны в <code>pg_stat_ssl</code> .
<code>pg_stat_progress_vacuum</code>	По одной строке с текущим состоянием для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), в котором работает VACUUM. См. Подраздел 28.4.1.

Таблица 28.2. Представления собранной статистики

Имя представления	Описание
<code>pg_stat_archiver</code>	Только одна строка со статистикой о работе активности процесса архивации WAL. Более подробно смотрите <code>pg_stat_archiver</code> .
<code>pg_stat_bgwriter</code>	Только одна строка со статистикой о работе фонового процесса записи. Более подробно смотрите <code>pg_stat_bgwriter</code> .
<code>pg_stat_database</code>	Одна строка для каждой базы данных со статистикой на уровне базы. Более подробно смотрите <code>pg_stat_database</code> .
<code>pg_stat_database_conflicts</code>	По одной строке на каждую базу данных со статистикой по отменам запросов, выполненным вследствие конфликта с процессами восстановления на ведомых серверах. Более подробно смотрите <code>pg_stat_database_conflicts</code> .
<code>pg_stat_all_tables</code>	По одной строке на каждую таблицу в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этой таблице. Более подробно смотрите <code>pg_stat_all_tables</code> .
<code>pg_stat_sys_tables</code>	Аналогично <code>pg_stat_all_tables</code> , за исключением того, что отображаются только системные таблицы.
<code>pg_stat_user_tables</code>	Аналогично <code>pg_stat_all_tables</code> , за исключением того, что отображаются только пользовательские таблицы.
<code>pg_stat_xact_all_tables</code>	Подобно <code>pg_stat_all_tables</code> , но подсчитывает действия, выполненные в текущей транзакции к настоящему моменту (которые ещё не во-

Имя представления	Описание
	шли в <code>pg_stat_all_tables</code> и связанные представления). Столбцы для числа живых и мёртвых строк, а также количества операций очистки и сбора статистики, в этом представлении отсутствуют.
<code>pg_stat_xact_sys_tables</code>	Аналогично <code>pg_stat_xact_all_tables</code> , за исключением того, что отображаются только системные таблицы.
<code>pg_stat_xact_user_tables</code>	Аналогично <code>pg_stat_xact_all_tables</code> , за исключением того, что отображаются только пользовательские таблицы.
<code>pg_stat_all_indexes</code>	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по обращениям к этому индексу. Более подробно смотрите <code>pg_stat_all_indexes</code> .
<code>pg_stat_sys_indexes</code>	Аналогично <code>pg_stat_all_indexes</code> , за исключением того, что показываются только индексы по системным таблицам.
<code>pg_stat_user_indexes</code>	Аналогично <code>pg_stat_all_indexes</code> , за исключением того, что показываются только индексы по пользовательским таблицам.
<code>pg_statio_all_tables</code>	По одной строке для каждой таблицы в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этой таблицы. Более подробно смотрите <code>pg_statio_all_tables</code> .
<code>pg_statio_sys_tables</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_tables</code> , за исключением того, что показываются только системные таблицы.
<code>pg_statio_user_tables</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_tables</code> , за исключением того, что показываются только пользовательские таблицы.
<code>pg_statio_all_indexes</code>	По одной строке для каждого индекса в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этого индекса. Более подробно смотрите <code>pg_statio_all_indexes</code> .
<code>pg_statio_sys_indexes</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_indexes</code> , за исключением того, что показываются только индексы по системным таблицам.
<code>pg_statio_user_indexes</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_indexes</code> , за исключением того, что показываются только индексы по пользовательским таблицам.
<code>pg_statio_all_sequences</code>	По одной строке для каждой последовательности в текущей базе данных со статистикой по операциям ввода/вывода для этой последовательности. Более подробно смотрите <code>pg_statio_all_sequences</code> .
<code>pg_statio_sys_sequences</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_sequences</code> , за исключением того, что показываются только системные последовательности. (В настоящее время системных последовательностей нет, поэтому это представление всегда пусто.)

Имя представления	Описание
<code>pg_statio_user_sequences</code>	Аналогично <code>pg_statio_all_sequences</code> , за исключением того, что показываются только пользовательские последовательности.
<code>pg_stat_user_functions</code>	По одной строке для каждой отслеживаемой функции со статистикой по выполнениям этой функции. Более подробно смотрите <code>pg_stat_user_functions</code> .
<code>pg_stat_xact_user_functions</code>	Аналогично <code>pg_stat_user_functions</code> , однако подсчитываются только вызовы функций, выполненные в текущей транзакции (которые ещё не были включены в <code>pg_stat_user_functions</code>).

Статистика по отдельным индексам особенно полезна для определения того, какие индексы используются и насколько они эффективны.

Представления `pg_statio_` полезны, прежде всего, для определения эффективности буферного кеша. Если количество фактических дисковых чтений существенно меньше количества чтений из буферного кеша, то это означает, что кеш справляется с большинством запросов на чтение без обращения к ядру. Однако эта статистика не даёт полной картины: PostgreSQL обрабатывает дисковый ввод/вывод так, что данные, не находящиеся в буферном кеше PostgreSQL, могут все ещё располагаться в кеше ввода/вывода ядра, и, следовательно, для их получения физическое чтение может не использоваться. Для получения более детальной информации о процессе ввода/вывода в PostgreSQL рекомендуется использовать сборщик статистики PostgreSQL в сочетании с утилитами операционной системы, которые дают более полное представление о том, как ядро осуществляет ввод/вывод.

Таблица 28.3. Представление `pg_stat_activity`

Столбец	Тип	Описание
<code>datid</code>	<code>oid</code>	OID базы данных, к которой подключён этот серверный процесс
<code>datname</code>	<code>name</code>	Имя базы данных, к которой подключён этот серверный процесс
<code>pid</code>	<code>integer</code>	Идентификатор процесса этого серверного процесса
<code>usesysid</code>	<code>oid</code>	OID пользователя, подключённого к этому серверному процессу
<code>username</code>	<code>name</code>	Имя пользователя, подключённого к этому серверному процессу
<code>application_name</code>	<code>text</code>	Название приложения, подключённого к этому серверному процессу
<code>client_addr</code>	<code>inet</code>	IP-адрес клиента, подключённого к этому серверному процессу. Значение <code>null</code> в этом поле означает, что клиент подключён через сокет Unix на стороне сервера или что это внутренний процесс, например, автоочистка.

Столбец	Тип	Описание
client_hostname	text	Имя компьютера для подключённого клиента, получаемое в результате обратного поиска в DNS по client_addr . Это поле будет отлично от null только в случае соединений по IP и только при включённом режиме log_hostname.
client_port	integer	Номер TCP-порта, который используется клиентом для соединения с этим серверным процессом, или -1, если используется сокет Unix
backend_start	timestamp with time zone	Время запуска процесса. Для процессов, обслуживающих клиентов, это время подключения клиента к серверу.
xact_start	timestamp with time zone	Время начала текущей транзакции в этом процессе или null при отсутствии активной транзакции. Если текущий запрос был первым в своей транзакции, то значение в этом столбце совпадает со значением столбца query_start .
query_start	timestamp with time zone	Время начала выполнения активного в данный момент запроса, или, если state не active, то время начала выполнения последнего запроса
state_change	timestamp with time zone	Время последнего изменения состояния (поля state)
wait_event_type	text	Тип события, которого ждёт обслуживающий процесс, если это имеет место; в противном случае — NULL. Возможные значения: • LWLock: обслуживающий процесс ожидает лёгкую блокировку. Такие блокировки защищают определённые структуры данных в разделяемой памяти. В wait_event будет содержаться имя, отражающее цель получения лёгкой блокировки. (Некоторые блокировки имеют особые имена; другие объединяются в группы блокировок со схожим предназначением.) • Lock: Обслуживающий процесс ожидает тяжёлую бло-

Столбец	Тип	Описание
		кировку. Тяжёлые блокировки, также называемые блокировками менеджера блокировок или просто блокировками, в основном защищают объекты уровня SQL, такие как таблицы. Однако они также применяются для взаимoisключающего выполнения некоторых внутренних операций, например, для расширения отношений. Тип ожидаемой блокировки показывается в <code>wait_event</code> . • BufferPin: Серверный процесс ожидает доступа к буферу данных, когда никакой другой процесс не обращается к этому буферу. Ожидание закрепления буфера может растягиваться, если другой процесс удерживает открытый курсор, который читал данные из нужного буфера. • Activity: Серверный процесс простаивает. Это состояние наблюдается в системных процессах, ожидающих активности в основном цикле обработки. В <code>wait_event</code> обозначается конкретное место ожидания. • Extension: Серверный процесс ожидает активности в модуле расширения. Эта категория полезна при использовании модулей, она помогает отслеживать нестандартные места ожидания. • Client: Серверный процесс ожидает в сокете некоторую активность пользовательского приложения, и события, ожидаемые сервером, не зависят от его внутренних процессов. В <code>wait_event</code> обозначается конкретное место ожидания. • IPC: Серверный процесс ожидает некоторой активности другого процесса на сервере. В <code>wait_event</code> обо-

Столбец	Тип	Описание
		значается конкретное место ожидания. • <code>Timeout</code>: Серверный процесс ожидает истечения определённого времени. В <code>wait_event</code> обозначается конкретное место ожидания. • <code>IO</code>: Серверный процесс ожидает завершения операции ввода/вывода. В <code>wait_event</code> обозначается конкретное место ожидания.
<code>wait_event</code>	<code>text</code>	Имя ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — <code>NULL</code> . За подробностями обратитесь к Таблице 28.4.
<code>state</code>	<code>text</code>	Общее текущее состояние этого серверного процесса. Возможные значения: • <code>active</code>: серверный процесс выполняет запрос. • <code>idle</code>: серверный процесс ожидает новой команды от клиента. • <code>idle in transaction</code>: серверный процесс находится внутри транзакции, но в настоящее время не выполняет никакой запрос. • <code>idle in transaction (aborted)</code> : Это состояние подобно <code>idle in transaction</code>, за исключением того, что один из операторов в транзакции вызывал ошибку. • <code>fastpath function call</code>: серверный процесс выполняет <code>fast-path</code> функцию. • <code>disabled</code>: Это состояние отображается для серверных процессов, у которых параметр <code>track_activities</code> отключён.
<code>backend_xid</code>	<code>xid</code>	Идентификатор верхнего уровня транзакции этого серверного процесса или любой другой.

Столбец	Тип	Описание
backend_xmin	xid	текущая граница xmin для серверного процесса.
query	text	Текст последнего запроса этого серверного процесса. Если state имеет значение active, то в этом поле отображается запрос, который выполняется в настоящий момент. Если процесс находится в любом другом состоянии, то в этом поле отображается последний выполненный запрос. По умолчанию текст запроса обрезается до 1024 символов; это число определяется параметром track_activity_query_size.
backend_type	text	Тип текущего серверного процесса. Возможные варианты: autovacuum launcher, autovacuum worker, background worker, background writer, client backend, checkpoint, startup, walreceiver, walsender и walwriter.

В представлении pg_stat_activity для каждого серверного процесса будет присутствовать по одной строке с информацией, относящейся к текущей деятельности этого процесса.

Примечание

Значения в столбцах wait_event и state не зависят друг от друга. Если обслуживающий процесс находится в состоянии active (активен), он может ожидать какое-то событие, или не ожидать никакого. Если состояние active и поле wait_event содержит не NULL, это означает, что запрос выполняется, но заблокирован чем-то в системе.

Таблица 28.4. Описание wait_event

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
LWLock	ShmemIndexLock	Ожидание при поиске или выделении области в разделяемой памяти.
	OidGenLock	Ожидание при выделении или назначении OID.
	XidGenLock	Ожидание при выделении или назначении идентификатора транзакции.
	ProcArrayLock	Ожидание при получении снимка или очистке идентификатора транзакции в конце транзакции.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	SInvalReadLock	Ожидание при получении или удалении из общей очереди сообщений аннулирования.
	SInvalWriteLock	Ожидание при добавлении в общую очередь сообщения аннулирования.
	WALBufMappingLock	Ожидание при замене страницы в буферах WAL.
	WALWriteLock	Ожидание при записи буферов WAL на диск.
	ControlFileLock	Ожидание при чтении или изменении управляющего файла либо при создании нового файла WAL.
	CheckpointLock	Ожидание при выполнении контрольной точки.
	CLogControlLock	Ожидание при чтении или изменении состояния транзакции.
	SubtransControlLock	Ожидание при чтении или изменении информации о подтранзакции.
	MultiXactGenLock	Ожидание при чтении или изменении общего состояния мультитранзакций.
	MultiXactOffsetControlLock	Ожидание при чтении или изменении смещений мультитранзакций.
	MultiXactMemberControlLock	Ожидание при чтении или изменении членов мультитранзакций.
	RelCacheInitLock	Ожидание при чтении или записи файла инициализации кеша отношения.
	CheckpointerCommLock	Ожидание при управлении запросами fsync.
	TwoPhaseStateLock	Ожидание при чтении или изменении состояния подготовленных транзакций.
	TablespaceCreateLock	Ожидание при создании или удалении табличного пространства.
	BtreeVacuumLock	Ожидание при чтении или изменении информации, связанной с очисткой, для индекса-B-дерева.
	AddinShmemInitLock	Ожидание при управлении выделением блоков в общей памяти.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	AutovacuumLock	Ожидание в рабочем процессе или процедуре запуска автоочистки при изменении или чтении текущего состояния рабочих процессов автоочистки.
	AutovacuumScheduleLock	Ожидание при подтверждении, что таблица, выбранная для очистки, всё ещё нуждается в очистке.
	SyncScanLock	Ожидание при получении начального положения сканирования таблицы для синхронизированного сканирования.
	RelationMappingLock	Ожидание при изменении в файле сопоставления отношений, используемого для хранения связей файловых узлов с каталогом БД.
	AsyncCtlLock	Ожидание при чтении или изменении общего состояния уведомлений.
	AsyncQueueLock	Ожидание при чтении или изменении сообщений уведомлений.
	SerializableXactHashLock	Ожидание при получении или сохранении информации о сериализуемых транзакциях.
	SerializableFinishedListLock	Ожидание при обращении к списку завершённых сериализуемых транзакций.
	SerializablePredicateLockList	Ожидание при выполнении операции со списком блокировок, удерживаемых сериализуемыми транзакциями.
	OldSerXidLock	Ожидание при чтении или записи информации о конфликтующих сериализуемых транзакциях.
	SyncRepLock	Ожидание при чтении или изменении сведений о синхронных репликах.
	BackgroundWorkerLock	Ожидание при чтении или изменении состояния фонового рабочего процесса.
	DynamicSharedMemoryControlLock	Ожидание при чтении или изменении состояния динамической общей памяти.
	AutoFileLock	Ожидание при изменении файла <code>postgresql.auto.conf</code> .

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	ReplicationSlotAllocationLock	Ожидание при выделении или освобождении слота репликации.
	ReplicationSlotControlLock	Ожидание при чтении или изменении состояния слота репликации.
	CommitTsControlLock	Ожидание при чтении или изменении времени фиксации транзакции.
	CommitTsLock	Ожидание при чтении или изменении последнего значения, заданного в качестве времени транзакции.
	ReplicationOriginLock	Ожидание при подготовке, удалении или использовании источника репликации.
	MultiXactTruncationLock	Ожидание при чтении или очистке информации мультитранзакций.
	OldSnapshotTimeMapLock	Ожидание при чтении или изменении информации о старом снимке.
	BackendRandomLock	Ожидание генерирования случайного числа.
	LogicalRepWorkerLock	Ожидание завершения действия процесса логической репликации.
	CLogTruncationLock	Ожидание при усечении журнала предзаписи или ожидание завершения усечения журнала предзаписи.
	clog	Ожидание при вводе/выводе с буфером clog (буфер состояния транзакций).
	commit_timestamp	Ожидание при вводе/выводе с буфером времени фиксации транзакций.
	subtrans	Ожидание при вводе/выводе с буфером подтранзакций.
	multixact_offset	Ожидание при вводе/выводе с буфером смещений мультитранзакций.
	multixact_member	Ожидание при вводе/выводе с буфером multixact_member.
	async	Ожидание при вводе/выводе с буфером асинхронных сообщений (уведомлений).
	oldserxid	Ожидание ввода/вывода для буфера oldserxid.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	wal_insert	Ожидание при добавлении записей WAL в буфер в памяти.
	buffer_content	Ожидание при чтении или записи страницы данных в памяти.
	buffer_io	Ожидание при вводе/выводе, связанном со страницей данных.
	replication_origin	Ожидание при чтении или изменении состояния репликации.
	replication_slot_io	Ожидание при вводе/выводе со слотом репликации.
	proc	Ожидание при чтении или изменении информации о блокировках по быстрому пути.
	buffer_mapping	Ожидание при связывании блока данных с буфером в пуле буферов.
	lock_manager	Ожидание при добавлении или обращении к блокировкам обслуживающих процессов либо ожидание входа или выхода из группы блокировок (используется в параллельных запросах).
	predicate_lock_manager	Ожидание при добавлении или обращении к информации о предикатных блокировках.
	parallel_query_dsa	Ожидание блокировки выделения динамической общей памяти для параллельного запроса.
	tbm	Ожидание блокировки общего итератора TBM.
	parallel_append	Ожидание выбора следующего подплана в процессе выполнения узла параллельного добавления (Parallel Append).
	parallel_hash_join	Ожидание выделения или обмена блока памяти либо обновления счётчиков при выполнении плана параллельного хеширования (Parallel Hash).
Lock	relation	Ожидание при запросе блокировки для отношения.
	extend	Ожидание при расширении отношения.
	page	Ожидание при запросе блокировки для страницы отношения.
	tuple	Ожидание при запросе блокировки для кортежа.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	transactionid	Ожидание завершения транзакции.
	virtualxid	Ожидание при запросе блокировки виртуального xid.
	speculative token	Ожидание при запросе блокировки спекулятивного добавления.
	object	Ожидание при запросе блокировки для нереляционного объекта БД.
	userlock	Ожидание при запросе пользовательской блокировки.
	advisory	Ожидание при запросе рекомендательной пользовательской блокировки.
BufferPin	BufferPin	Ожидание при закреплении буфера.
Activity	ArchiverMain	Ожидание в основном цикле процесса архиватора.
	AutoVacuumMain	Ожидание в основном цикле процесса запуска автоочистки.
	BgWriterHibernate	Ожидание в фоновом процессе записи, переход в режим «заморозки».
	BgWriterMain	Ожидание в основном цикле рабочего процесса фоновой записи.
	CheckpointInterMain	Ожидание в основном цикле процесса контрольной точки.
	LogicalApplyMain	Ожидание в основном цикле процесса применения логической репликации.
	LogicalLauncherMain	Ожидание в основном цикле процесса запуска обработчиков логической репликации.
	PgStatMain	Ожидание в основном цикле процесса сборщика статистики.
	RecoveryWalAll	Ожидание поступления WAL из любого источника (локального, архива или потока) при восстановлении.
	RecoveryWalStream	Ожидание поступления WAL из потока при восстановлении.
	SysLoggerMain	Ожидание в основном цикле процесса системного журнала (syslogger).
	WalReceiverMain	Ожидание в основном цикле процесса-приёмника WAL.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	WalSenderMain	Ожидание в основном цикле процесса-передатчика WAL.
	WalWriterMain	Ожидание в основном цикле процесса, пишущего WAL.
Client	ClientRead	Ожидание при чтении данных, получаемых от клиента.
	ClientWrite	Ожидание при записи данных, передаваемых клиенту.
	LibPQWalReceiverConnect	Ожидание в приёмнике WAL установления подключения к удалённому серверу.
	LibPQWalReceiverReceive	Ожидание в приёмнике WAL поступления данных от удалённого сервера.
	SSLOpenServer	Ожидание SSL при попытке установления соединения.
	WalReceiverWaitStart	Ожидание от стартового процесса передачи начальных данных для потоковой репликации.
	WalSenderWaitForWAL	Ожидание сброса WAL в процессе-передатчике WAL.
	WalSenderWriteData	Ожидание какой-либо активности при обработке ответов от WAL-приёмника в процессе-передатчике WAL.
Extension	Extension	Ожидание в расширении.
IPC	BgWorkerShutdown	Ожидание завершения фонового рабочего процесса.
	BgWorkerStartup	Ожидание запуска фонового рабочего процесса.
	BtreePage	Ожидание доступности номера страницы, необходимого для продолжения параллельного сканирования В-дерева.
	ClogGroupUpdate	Ожидание изменения состояния завершённой транзакции ведущим процессом группы.
	ExecuteGather	Ожидание активности дочернего процесса при выполнении узла Gather.
	Hash/Batch/Allocating	Ожидание выделения хеш-таблицы выбранным участником параллельного хеширования.
	Hash/Batch/Electing	Выбор участника параллельного хеширования для выделения хеш-таблицы.
	Hash/Batch/Loading	Ожидание завершения загрузки хеш-таблицы другими участ-

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
		никами параллельного хеширования.
	Hash/Build/Allocating	Ожидание выделения начальной хеш-таблицы выбранным участником параллельного хеширования.
	Hash/Build/Electing	Выбор участника параллельного хеширования для выделения начальной хеш-таблицы.
	Hash/Build/HashingInner	Ожидание завершения хеширования внутреннего отношения другими участниками параллельного хеширования.
	Hash/Build/HashingOuter	Ожидание завершения хеширования внешнего отношения другими участниками параллельного хеширования.
	Hash/GrowBatches/Allocating	Ожидание выделения дополнительных пакетов выбранным участником параллельного хеширования.
	Hash/GrowBatches/Deciding	Выбор участника параллельного хеширования для принятия решений о предстоящем добавлении пакетов.
	Hash/GrowBatches/Electing	Выбор участника параллельного хеширования для выделения дополнительных пакетов.
	Hash/GrowBatches/Finishing	Ожидание решения о предстоящем добавлении пакетов участником параллельного хеширования.
	Hash/GrowBatches/Repartitioning	Ожидание завершения перераспределения другими участниками параллельного хеширования.
	Hash/GrowBuckets/Allocating	Ожидание завершения выделения дополнительных групп выбранным участником параллельного хеширования.
	Hash/GrowBuckets/Electing	Выбор участника параллельного хеширования для выделения дополнительных групп.
	Hash/GrowBuckets/Reinserting	Ожидание завершения добавления кортежей в новые группы другими участниками параллельного хеширования.
	LogicalSyncData	Ожидание от удалённого сервера логической репликации передачи данных для начальной синхронизации таблиц.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	LogicalSyncStateChange	Ожидание изменения состояния удалённого сервера логической репликации.
	MessageQueueInternal	Ожидание подключения другого процесса к общей очереди сообщений.
	MessageQueuePutMessage	Ожидание записи сообщения протокола в общую очередь сообщений.
	MessageQueueReceive	Ожидание получения байтов из общей очереди сообщений.
	MessageQueueSend	Ожидание передачи байтов в общую очередь сообщений.
	ParallelBitmapScan	Ожидание инициализации параллельного сканирования по битовой карте.
	ParallelCreateIndexScan	Ожидание завершения сканирования кучи параллельными исполнителями CREATE INDEX.
	ParallelFinish	Ожидание завершения вычислений параллельными рабочими процессами.
	ProcArrayGroupUpdate	Ожидание очистки ведущим группы идентификатора транзакции в конце транзакции.
	ReplicationOriginDrop	Ожидание перехода источника репликации в неактивное состояние для последующего удаления.
	ReplicationSlotDrop	Ожидание перехода слота репликации в неактивное состояние для последующего удаления.
	SafeSnapshot	Ожидание снимка для транзакции READ ONLY DEFERRABLE.
	SyncRep	Ожидание подтверждения от удалённого сервера при синхронной репликации.
Timeout	BaseBackupThrottle	Ожидание в процессе базового резервного копирования из-за ограничения активности.
	PgSleep	Ожидание в процессе, вызвавшем pg_sleep .
	RecoveryApplyDelay	Ожидание применения WAL при восстановлении из-за задержки.
IO	BufFileRead	Ожидание чтения из буферизованного файла.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	BufFileWrite	Ожидание записи в буферизованный файл.
	ControlFileRead	Ожидание чтения из управляющего файла.
	ControlFileSync	Ожидание помещения управляющего файла в надёжное хранилище.
	ControlFileSyncUpdate	Ожидание переноса изменений управляющего файла в надёжное хранилище.
	ControlFileWrite	Ожидание записи в управляющий файл.
	ControlFileWriteUpdate	Ожидание записи для изменения управляющего файла.
	CopyFileRead	Ожидание чтения во время операции копирования файла.
	CopyFileWrite	Ожидание записи во время операции копирования файла.
	DataFileExtend	Ожидание расширения файла данных отношения.
	DataFileFlush	Ожидание помещения файла данных отношения в надёжное хранилище.
	DataFileImmediateSync	Ожидание немедленной синхронизации файла данных отношения с надёжным хранилищем.
	DataFilePrefetch	Ожидание асинхронной предвыборки из файла данных отношения.
	DataFileRead	Ожидание чтения из файла данных отношения.
	DataFileSync	Ожидание переноса изменений в файле данных отношений в надёжное хранилище.
	DataFileTruncate	Ожидание усечения файла данных отношения.
	DataFileWrite	Ожидание записи в файл данных отношения.
	DSMFillZeroWrite	Ожидание записи нулевых байт в файл, поддерживающий работу динамической общей памяти.
	LockFileAddToDataDirRead	Ожидание чтения при добавлении строки в файл блокировки каталога данных.
	LockFileAddToDataDirSync	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при до-

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
		бавлении строки в файл блокировки каталога данных.
	LockFileAddToDataDirWrite	Ожидание записи при добавлении строки в файл блокировки каталога данных.
	LockFileCreateRead	Ожидание чтения при создании файла блокировки каталога данных.
	LockFileCreateSync	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при создании файла блокировки каталога данных.
	LockFileCreateWrite	Ожидание записи при создании файла блокировки каталога данных.
	LockFileReCheckDataDirRead	Ожидание чтения во время перепроверки файла блокировки каталога данных.
	LogicalRewriteCheckpointSync	Ожидание помещения отображений логической перезаписи в надёжное хранилище во время контрольной точки.
	LogicalRewriteMappingSync	Ожидание помещения данных отображений в надёжное хранилище в процессе логической перезаписи.
	LogicalRewriteMappingWrite	Ожидание записи данных отображений в процессе логической перезаписи.
	LogicalRewriteSync	Ожидание помещения отображений логической перезаписи в надёжное хранилище.
	LogicalRewriteWrite	Ожидание сохранения отображений логической перезаписи.
	RelationMapRead	Ожидание чтения файла отображений отношений.
	RelationMapSync	Ожидание помещения файла отображений отношений в надёжное хранилище.
	RelationMapWrite	Ожидание записи в файл отображений отношений.
	ReorderBufferRead	Ожидание чтения при работе с буфером переупорядочивания.
	ReorderBufferWrite	Ожидание записи при работе с буфером переупорядочивания.
	ReorderLogicalMappingRead	Ожидание чтения логического отображения при работе с буфером переупорядочивания.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	ReplicationSlotRead	Ожидание чтения из управляющего файла слота репликации.
	ReplicationSlotRestoreSync	Ожидание помещения в надёжное хранилище управляющего файла слота репликации при восстановлении его в памяти.
	ReplicationSlotSync	Ожидание помещения в надёжное хранилище управляющего файла слота репликации.
	ReplicationSlotWrite	Ожидание записи в управляющий файл слота репликации.
	SLRUFlushSync	Ожидание помещения данных SLRU в надёжное хранилище во время контрольной точки или отключения базы данных.
	SLRURead	Ожидание чтения страницы SLRU.
	SLRUSync	Ожидание помещения данных SLRU в надёжное хранилище после записи страницы.
	SLRUWrite	Ожидание записи страницы SLRU.
	SnapbuildRead	Ожидание чтения сериализованного исторического снимка каталога БД.
	SnapbuildSync	Ожидание помещения сериализованного исторического снимка каталога БД в надёжное хранилище.
	SnapbuildWrite	Ожидание записи сериализованного исторического снимка каталога БД.
	TimelineHistoryFileSync	Ожидание помещения в надёжное хранилище файла истории линии времени, полученного через потоковую репликацию.
	TimelineHistoryFileWrite	Ожидание записи файла истории линии времени, полученного через потоковую репликацию.
	TimelineHistoryRead	Ожидание чтения файла истории линии времени.
	TimelineHistorySync	Ожидание помещения в надёжное хранилище только что созданного файла истории линии времени.
	TimelineHistoryWrite	Ожидание записи только что созданного файла истории линии времени.

Тип события ожидания	Название события ожидания	Описание
	TwophaseFileRead	Ожидание чтения файла двухфазного состояния.
	TwophaseFileSync	Ожидание помещения файла двухфазного состояния в надёжное хранилище.
	TwophaseFileWrite	Ожидание записи файла двухфазного состояния.
	WALBootstrapSync	Ожидание помещения WAL в надёжное хранилище в процессе начальной загрузки.
	WALBootstrapWrite	Ожидание записи страницы WAL в процессе начальной загрузки.
	WALCopyRead	Ожидание чтения при создании нового сегмента WAL путём копирования существующего.
	WALCopySync	Ожидание помещения в надёжное хранилище нового сегмента WAL, созданного путём копирования существующего.
	WALCopyWrite	Ожидание записи при создании нового сегмента WAL путём копирования существующего.
	WALInitSync	Ожидание помещения в надёжное хранилище нового инициализированного файла WAL.
	WALInitWrite	Ожидание записи при инициализации нового файла WAL.
	WALRead	Ожидание чтения из файла WAL.
	WALSenderTimelineHistoryRead	Ожидание чтения из файла истории линии времени при обработки процессом walsender команды timeline.
	WALSyncMethodAssign	Ожидание помещения данных в надёжное хранилище при смене метода синхронизации WAL.
	WALWrite	Ожидание записи в файл WAL.

Примечание

Для траншей, регистрируемых расширениями, в поле `wait_event` выводится имя, используемое расширением. Пользователь вполне может зарегистрировать транш и в обслуживающем процессе (воспользовавшись динамической общей памятью), в результате чего другие процессы не получают доступа к этой информации; в таких случаях в этом поле выводится `extension`.

Следующая команда показывает, как можно просмотреть события ожидания:

```
SELECT pid, wait_event_type, wait_event FROM pg_stat_activity WHERE wait_event is NOT
NULL;
 pid | wait_event_type | wait_event
-----+-----+-----
 2540 | Lock            | relation
 6644 | LWLock          | ProcArrayLock
(2 rows)
```

Таблица 28.5. Представление pg_stat_replication

Столбец	Тип	Описание
pid	integer	Идентификатор процесса-передатчика WAL
usesysid	oid	OID пользователя, подключённого к этому процессу-передатчику WAL
username	name	Имя пользователя, подключённого к этому процессу-передатчику WAL
application_name	text	Имя приложения, которое подключено к этому процессу-передатчику WAL
client_addr	inet	IP-адрес клиента, подключённого к этому процессу-передатчику WAL. Значение null в этом поле говорит о том, что клиент подсоединён через сокет Unix на сервере.
client_hostname	text	Имя компьютера для подключённого клиента, получаемое в результате обратного поиска в DNS по client_addr . Это поле будет отлично от null только в случае соединений по IP и только при включённом режиме log_hostname.
client_port	integer	Номер TCP-порта, который используется клиентом для взаимодействия с процессом-передатчиком WAL, или -1, если используется сокет Unix
backend_start	timestamp with time zone	Время запуска процесса, т. е. время подключения клиента к этому процессу-передатчику WAL
backend_xmin	xid	Значение xmin, полученное от ведомого сервера при включённом hot_standby_feedback.
state	text	Текущее состояние процесса-передатчика WAL. Возможные значения: startup: Передатчик WAL запускается.

Столбец	Тип	Описание
		- catchup: Подключённый к этому передатчику WAL ведомый сервер догоняет ведущий. - streaming: Передатчик WAL транслирует изменения после того, как подключённый к нему ведомый сервер нагнал ведущий. - backup: Передатчик WAL передаёт резервную копию. - stopping: Передатчик WAL останавливается.
sent_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи, переданная через это соединение
write_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи, записанная на диск этим ведомым сервером
flush_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи, сброшенная на диск этим ведомым сервером
replay_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи, воспроизведённая в базе данных этим ведомым сервером
write_lag	interval	Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал их (но ещё не сбросил на диск и не применил). Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в synchronous_commit выбран уровень remote_write, если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.
flush_lag	interval	Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал и сбросил их на диск (но ещё не применил). Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в synchronous_commit выбран уровень remote_flush, если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.

Столбец	Тип	Описание
replay_lag	interval	Время, прошедшее с момента локального сброса последних данных WAL до получения уведомления о том, что этот ведомый сервер записал, сбросил на диск и применил их. Это позволяет оценить задержку, возникающую при фиксации транзакции, когда в <code>synchronous_commit</code> выбран уровень <code>remote_apply</code> , если данный сервер будет настроен как синхронный ведомый.
sync_priority	integer	Приоритет этого ведомого сервера для выбора в качестве синхронного ведомого при синхронной репликации с учётом приоритетов. При синхронной репликации с учётом кворума не имеет значения.
sync_state	text	Состояние синхронизации этого ведомого сервера. Возможные значения: <code>async</code>: Этот ведомый сервер является асинхронным. <code>potential</code>: Этот ведомый сервер сейчас является асинхронным, но может стать синхронным в случае отказа одного из текущих синхронных серверов. <code>sync</code>: Этот ведомый сервер является синхронным. <code>quorum</code>: Этот ведомый сервер считается кандидатом на участие в кворуме.

Представление `pg_stat_replication` для каждого процесса-передатчика WAL будет содержать по одной строке со статистикой о репликации на ведомый сервер, к которому подключён этот процесс. В представлении перечисляются только ведомые серверы, подключённые напрямую; информация о ведомых серверах, подключённых опосредованно, не представлена.

Длительность задержек, показываемая в представлении `pg_stat_replication`, включает время, которое потребовалось для того, чтобы записать, сбросить на диск и воспроизвести последние записи WAL и для того, чтобы передатчик WAL узнал об этом. Эта длительность отражает задержку фиксации, которая была (или могла быть) добавлена на уровнях синхронной фиксации, если ведомый сервер был настроен как синхронный. Для асинхронного ведомого в столбце `replay_lag` показывается примерная задержка перед тем, как последние транзакции становятся видны для запросов. Если ведомый сервер нагоняет передающий и в WAL отсутствует активность, последние длительности задержек будут отображаться ещё некоторое время, а затем сменятся на `NULL`.

Длительность задержек автоматически определяется при физической репликации. Модули логического декодирования могут не выдавать необходимые контрольные сообщения; в их отсутствие механизм отслеживания просто выводит задержку `NULL`.

Примечание

Выдаваемые длительности задержек не являются предсказанием времени, которое потребуется ведомому серверу, чтобы нагнать передающий сервер с учётом текущей скорости воспроизведения. Эти показатели будут близки в процессе генерирования нового WAL, но не в то время, когда передающий сервер будет простаивать. В частности, когда ведомый сервер нагоняет ведущий, в `pg_stat_replication` показывается, сколько времени потребовалось для записи, сброса на диск и воспроизведения последних данных WAL, а не 0, как могли ожидать некоторые пользователи. Это соответствует задаче измерения задержек синхронной фиксации и видимости транзакций для недавно записанных транзакций. Чтобы меньше смущать пользователей, ожидающих видеть другую модель задержек, столбцы задержек сбрасываются в NULL после небольшой паузы в системе, которая воспроизвела все изменения и теперь простаивает. Системы мониторинга могут представлять это как отсутствующие данные, 0 или продолжать показывать последнее известное значение.

Таблица 28.6. Представление `pg_stat_wal_receiver`

Столбец	Тип	Описание
<code>pid</code>	<code>integer</code>	Идентификатор процесса WAL-приёмника
<code>status</code>	<code>text</code>	Состояние активности процесса WAL-приёмника
<code>receive_start_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>	Первая позиция в журнале предзаписи в момент запуска приёмника WAL
<code>receive_start_tli</code>	<code>integer</code>	Первый номер линии времени в момент запуска приёмника WAL
<code>received_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>	Последняя позиция в журнале предзаписи, уже полученная и сброшенная на диск; начальным значением этого поля будет первая позиция в журнале в момент запуска приёмника WAL
<code>received_tli</code>	<code>integer</code>	Номер линии времени последней позиции в журнале предзаписи, уже полученной и сброшенной на диск; начальным значением этого поля будет номер линии времени первой позиции в момент запуска приёмника WAL
<code>last_msg_send_time</code>	<code>timestamp with time zone</code>	Время отправки последнего сообщения, полученного от исходного передатчика WAL
<code>last_msg_receipt_time</code>	<code>timestamp with time zone</code>	Время поступления последнего сообщения, полученного от исходного передатчика WAL
<code>latest_end_lsn</code>	<code>pg_lsn</code>	Последняя позиция в журнале предзаписи, сообщённая исходному передатчику WAL

Столбец	Тип	Описание
latest_end_time	timestamp with time zone	Время последней позиции в журнале предзаписи, сообщённой изначальному передатчику WAL
slot_name	text	Имя слота репликации, используемого этим приёмником WAL
sender_host	text	Узел, где работает сервер PostgreSQL, обслуживающий данный приёмник WAL. Может задаваться именем или IP-адресом компьютера либо путём каталога (если подключение установлено через сокет Unix). (Подключение к сокету легко распознать, потому что путь всегда абсолютный и начинается с /.)
sender_port	integer	Номер порта сервера PostgreSQL, к которому подключён этот приёмник WAL.
conninfo	text	Строка подключения, используемая этим приёмником WAL (секретные поля в ней скрыты).

Представление `pg_stat_wal_receiver` будет иметь только одну строку со статистикой приёмника WAL от сервера, на котором работает приёмник.

Таблица 28.7. Представление `pg_stat_subscription`

Столбец	Тип	Описание
subid	oid	OID подписки
subname	text	Имя подписки
pid	integer	Идентификатор рабочего процесса, обслуживающего подписку
relid	Oid	OID отношения, которое синхронизирует рабочий процесс сейчас; null для основного процесса применения изменений
received_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи (начальное значение этого поля — 0)
last_msg_send_time	timestamp with time zone	Время отправки последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
last_msg_receipt_time	timestamp with time zone	Время поступления последнего сообщения, полученного от изначального передатчика WAL
latest_end_lsn	pg_lsn	Последняя позиция в журнале предзаписи, сообщённая изначальному передатчику WAL

Столбец	Тип	Описание
latest_end_time	timestamp with time zone	Время последней позиции в журнале предзаписи, сообщённой изначальному передатчику WAL

Представление `pg_stat_subscription` содержит по одной строке для подписки для основного рабочего процесса (с NULL в PID, если процесс не работает) и дополнительные строки для рабочих процессов, осуществляющих копирование начальных данных для таблиц в подписке.

Таблица 28.8. Представление `pg_stat_ssl`

Столбец	Тип	Описание
pid	integer	Идентификатор обслуживающего процесса или процесса, передающего WAL
ssl	boolean	True, если для этого подключения используется SSL
version	text	Версия SSL либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
cipher	text	Имя применяемого шифра SSL либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
bits	integer	Число бит в применяемом алгоритме шифрования либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
compression	boolean	True, если применяется сжатие SSL, false в противном случае, либо NULL, если SSL для этого подключения не используется
clientdn	text	Поле DN (Distinguished Name, Уникальное имя) из используемого клиентского сертификата либо NULL, если клиент не передал сертификат или SSL для этого подключения не используется. Это значение усекается, если поле DN оказывается длиннее NAMEDATALEN символов (64 символов в стандартной сборке)

Представление `pg_stat_ssl` содержит по одной строке для каждого обслуживающего процесса и процесса, передающего WAL, и показывает статистику использования SSL для подключений. Его можно соединить с `pg_stat_activity` или `pg_stat_replication` по столбцу `pid` и получить дополнительные сведения о подключении.

Таблица 28.9. Представление `pg_stat_archiver`

Столбец	Тип	Описание
archived_count	bigint	Число файлов WAL, которые были успешно архивированы

Столбец	Тип	Описание
last_archived_wal	text	Имя последнего файла WAL успешно архивированного
last_archived_time	timestamp with time zone	Время последней успешной архивации
failed_count	bigint	Число неудачных попыток архивации файлов WAL
last_failed_wal	text	Имя файла WAL последней неудавшейся архивации
last_failed_time	timestamp with time zone	Время последней неудавшейся архивации
stats_reset	timestamp with time zone	Последнее время сброса этих статистических данных

Представление `pg_stat_archiver` всегда будет иметь одну строку, содержащую данные о текущем состоянии процесса архивации кластера.

Таблица 28.10. Представление `pg_stat_bgwriter`

Столбец	Тип	Описание
checkpoints_timed	bigint	Количество запланированных контрольных точек, которые уже были выполнены
checkpoints_req	bigint	Количество запрошенных контрольных точек, которые уже были выполнены
checkpoint_write_time	double precision	Общее время, которое было затрачено на этап обработки контрольной точки, в котором файлы записываются на диск, в миллисекундах
checkpoint_sync_time	double precision	Общее время, которое было затрачено на этап обработки контрольной точки, в котором файлы синхронизируются с диском, в миллисекундах
buffers_checkpoint	bigint	Количество буферов, записанных при выполнении контрольных точек
buffers_clean	bigint	Количество буферов, записанных фоновым процессом записи
maxwritten_clean	bigint	Сколько раз фоновый процесс записи останавливал сброс грязных страниц на диск из-за того, что записал слишком много буферов
buffers_backend	bigint	Количество буферов, записанных самим серверным процессом
buffers_backend_fsync	bigint	Сколько раз серверному процессу пришлось выполнить <code>fsync</code> самостоятельно (обычно

Столбец	Тип	Описание
		фоновый процесс записи сам обрабатывает эти вызовы, даже когда серверный процесс выполняет запись самостоятельно)
buffers_alloc	bigint	Количество выделенных буфферов
stats_reset	timestamp with time zone	Последнее время сброса этих статистических данных

В представлении `pg_stat_bgwriter` всегда будет только одна строка, в которой будут представлены общие данные по всему кластеру.

Таблица 28.11. Представление `pg_stat_database`

Столбец	Тип	Описание
datid	oid	OID базы данных
datname	name	Имя базы данных
numbackends	integer	Количество серверных процессов, в настоящее время подключённых к этой базе данных. Это единственный столбец в этом представлении, значение в котором отражает текущее состояние; все другие столбцы возвращают суммарные значения со времени последнего сброса статистики.
xact_commit	bigint	Количество зафиксированных транзакций в этой базе данных
xact_rollback	bigint	Количество транзакций в этой базе данных, для которых был выполнен откат транзакции
blks_read	bigint	Количество прочитанных дисковых блоков в этой базе данных
blks_hit	bigint	Сколько раз дисковые блоки обнаруживались в буферном кеше, так что чтение с диска не потребовалось (в значение входят только случаи обнаружения в буферном кеше PostgreSQL, а не в кеше файловой системы ОС)
tup_returned	bigint	Количество строк, возвращённое запросами в этой базе данных
tup_fetched	bigint	Количество строк, извлечённое запросами в этой базе данных
tup_inserted	bigint	Количество строк, вставленное запросами в этой базе данных
tup_updated	bigint	Количество строк, изменённое запросами в этой базе данных

Столбец	Тип	Описание
tup_deleted	bigint	Количество строк, удалённое запросами в этой базе данных
conflicts	bigint	Количество запросов, отменённых из-за конфликта с восстановлением в этой базе данных. (Конфликты происходят только на ведомых серверах; более подробно смотрите pg_stat_database_conflicts.)
temp_files	bigint	Количество временных файлов, созданных запросами в этой базе данных. Подсчитываются все временные файлы независимо от причины их создания (например, для сортировки или для хеширования) и независимо от установленного значения log_temp_files
temp_bytes	bigint	Общий объём данных, записанных во временные файлы запросами в этой базе данных. Учитываются все временные файлы, вне зависимости от того, по какой причине они созданы и вне зависимости от значения log_temp_files.
deadlocks	bigint	Количество взаимных блокировок, зафиксированное в этой базе данных
blk_read_time	double precision	Время, затраченное серверными процессами в этой базе данных, на чтение блоков из файлов данных, в миллисекундах
blk_write_time	double precision	Время, затраченное серверными процессами в этой базе данных, на запись блоков в файлы данных, в миллисекундах
stats_reset	timestamp with time zone	Последнее время сброса этих статистических данных

Представление pg_stat_database содержит одну строку со статистикой на каждую базу данных кластера.

Таблица 28.12. Представление pg_stat_database_conflicts

Столбец	Тип	Описание
datid	oid	OID базы данных
datname	name	Имя базы данных
confl_tablespace	bigint	Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за того, что табличные пространства были удалены

Столбец	Тип	Описание
confl_lock	bigint	Количество запросов в этой базе данных, отменённых по истечении времени ожидания блокировки
confl_snapshot	bigint	Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за устаревших снимков данных
confl_bufferpin	bigint	Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за прикреплённых страниц буфера
confl_deadlock	bigint	Количество запросов в этой базе данных, отменённых из-за взаимных блокировок

Представление `pg_stat_database_conflicts` для каждой базы данных будет содержать по одной строке со статистикой на уровне базы по отменам запросов, произошедшим вследствие конфликтов с процессами восстановления на ведомых серверах. В этом представлении будет содержаться только информация по ведомым серверам, поскольку на главных серверах конфликты не возникают.

Таблица 28.13. Представление `pg_stat_all_tables`

Столбец	Тип	Описание
relid	oid	OID таблицы
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположена эта таблица
relname	name	Имя таблицы
seq_scan	bigint	Количество последовательных чтений, запущенных по этой таблице
seq_tup_read	bigint	Количество "живых" строк, прочитанных при последовательных чтениях
idx_scan	bigint	Количество сканирований по индексу, запущенных по этой таблице
idx_tup_fetch	bigint	Количество "живых" строк, отобранных при сканированиях по индексу
n_tup_ins	bigint	Количество вставленных строк
n_tup_upd	bigint	Количество изменённых строк (включая изменения по схеме HOT)
n_tup_del	bigint	Количество удалённых строк
n_tup_hot_upd	bigint	Количество строк, обновлённых в режиме HOT (т. е. без отдельного изменения индекса)
n_live_tup	bigint	Оценочное количество "живых" строк
n_dead_tup	bigint	Оценочное количество "мёртвых" строк

Столбец	Тип	Описание
n_mod_since_analyze	bigint	Оценочное число строк, изменённых в этой таблице, с момента последнего сбора статистики
last_vacuum	timestamp with time zone	Время последней очистки этой таблицы вручную (VACUUM FULL не учитывается)
last_autovacuum	timestamp with time zone	Время последней очистки таблицы фоновым процессом автоочистки
last_analyze	timestamp with time zone	Время последнего выполнения сбора статистики для этой таблицы вручную
last_autoanalyze	timestamp with time zone	Время последнего выполнения сбора статистики для этой таблицы фоновым процессом автоочистки
vacuum_count	bigint	Сколько раз очистка этой таблицы была выполнена вручную (VACUUM FULL не учитывается)
autovacuum_count	bigint	Сколько раз очистка этой таблицы была выполнена фоновым процессом автоочистки
analyze_count	bigint	Сколько раз сбор статистики для этой таблицы был выполнен вручную
autoanalyze_count	bigint	Сколько раз сбор статистики для этой таблицы был выполнен фоновым процессом автоочистки

Представление pg_stat_all_tables будет содержать по одной строке на каждую таблицу в текущей базе данных (включая таблицы TOAST) со статистикой по обращениям к этой таблице. Представления pg_stat_user_tables и pg_stat_sys_tables содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские и системные таблицы соответственно.

Таблица 28.14. Представление pg_stat_all_indexes

Столбец	Тип	Описание
relid	oid	OID таблицы для индекса
indexrelid	oid	OID индекса
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположен индекс
relname	name	Имя таблицы для индекса
indexrelname	name	Имя индекса
idx_scan	bigint	Количество запущенных сканирований по этому индексу
idx_tup_read	bigint	Количество элементов индекса, возвращённых при сканировании по этому индексу

Столбец	Тип	Описание
idx_tup_fetch	bigint	Количество живых строк таблицы, отображенных при простых сканированиях по этому индексу

Представление `pg_stat_all_indexes` для каждого индекса в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по обращениям к этому индексу. Представления `pg_stat_user_indexes` и `pg_stat_sys_indexes` содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские и системные индексы соответственно.

Индексы могут использоваться при простом сканировании по индексу, при сканировании «битовой карты» индекса и в работе оптимизатора. Результаты сканирования битовых карт разных индексов могут объединяться логическим умножением или сложением, поэтому когда применяются битовые карты, сложно связать выборки отдельных строк с определёнными индексами. Поэтому при сканировании битовых карт увеличиваются счётчики `pg_stat_all_indexes.idx_tup_read` для задействованных индексов и счётчик `pg_stat_all_tables.idx_tup_fetch` для каждой таблицы, а `pg_stat_all_indexes.idx_tup_fetch` не меняется. Оптимизатор тоже обращается к индексам для проверки переданных констант, значения которых оказываются вне диапазона, записанного в статистике оптимизатора, так как эта статистика может быть неактуальной.

Примечание

Значения счётчиков `idx_tup_read` и `idx_tup_fetch` могут различаться, даже если сканирование с использованием битовой карты не используется, поскольку `idx_tup_read` подсчитывает полученные из индекса элементы, а `idx_tup_fetch` — количество "живых" строк, выбранных из таблицы. Различие будет меньше, если "мёртвые" или ещё незафиксированные строки будут извлекаться с использованием индекса или если для получения строк таблицы будет использоваться сканирование только по индексу.

Таблица 28.15. Представление `pg_statio_all_tables`

Столбец	Тип	Описание
relid	oid	OID таблицы
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположена эта таблица
relname	name	Имя таблицы
heap_blks_read	bigint	Количество дисковых блоков, прочитанных из этой таблицы
heap_blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер для этой таблицы
idx_blks_read	bigint	Количество дисковых блоков, прочитанных из всех индексов этой таблицы
idx_blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер для всех индексов по этой таблице
toast_blks_read	bigint	Количество прочитанных дисковых блоков TOAST (если есть) для этой таблицы
toast_blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер в таблице TOAST для этой таблицы (если такие есть)
tidx_blks_read	bigint	Количество прочитанных дисковых блоков из индекса по

Столбец	Тип	Описание
		TOAST (если есть) для этой таблицы
tidx_blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер для индекса по TOAST (если есть) для этой таблицы

Представление `pg_statio_all_tables` для каждой таблицы (включая таблицы TOAST) в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этой таблицы. Представления `pg_statio_user_tables` и `pg_statio_sys_tables` содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские или системные таблицы соответственно.

Таблица 28.16. Представление `pg_statio_all_indexes`

Столбец	Тип	Описание
relid	oid	OID таблицы для индекса
indexrelid	oid	OID индекса
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположен индекс
relname	name	Имя таблицы для индекса
indexrelname	name	Имя индекса
idx_blks_read	bigint	Количество дисковых блоков, прочитанных из этого индекса
idx_blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер для этого индекса

Представление `pg_statio_all_indexes` для каждого индекса в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этого индекса. Представления `pg_statio_user_indexes` и `pg_statio_sys_indexes` содержат ту же самую информацию, но отфильтрованную так, чтобы показывать только пользовательские или системные индексы соответственно.

Таблица 28.17. Представление `pg_statio_all_sequences`

Столбец	Тип	Описание
relid	oid	OID последовательности
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположена эта последовательность
relname	name	Имя последовательности
blks_read	bigint	Количество дисковых блоков, прочитанных из этой последовательности
blks_hit	bigint	Число попаданий в буфер в этой последовательности

Представление `pg_statio_all_sequences` для каждой последовательности в текущей базе данных будет содержать по одной строке со статистикой по операциям ввода/вывода для этой последовательности.

Таблица 28.18. Представление `pg_stat_user_functions`

Столбец	Тип	Описание
funcid	oid	OID функции

Столбец	Тип	Описание
schemaname	name	Имя схемы, в которой расположена функция
funcname	name	Имя функции
calls	bigint	Сколько раз вызывалась функция
total_time	double precision	Общее время, потраченное на выполнение этой функции и всех других функций, вызванных ею, в миллисекундах
self_time	double precision	Общее время, потраченное на выполнение самой функции, без учёта других функций, которые были ею вызваны, в миллисекундах

Представление `pg_stat_user_functions` для каждой отслеживаемой функции будет содержать по одной строке со статистикой по выполнению этой функции. Отслеживаемые функции определяются параметром `track_functions`.

28.2.3. Статистические функции

Статистическую информацию можно просматривать и другими способами. Для этого можно написать запросы, использующие те же функции доступа к статистике, что лежат в основе описанных выше стандартных представлений. За более подробной информацией, например, об именах этих функций, обратитесь к определениям этих стандартных представлений. (Например, в `psql` можно выполнить `\d+ pg_stat_activity`.) В качестве аргумента функции, предоставляющие доступ к статистике на уровне базы, принимают OID базы данных, по которой должна быть выдана информация. Функции, которые работают на уровне таблиц и индексов, принимают в качестве аргумента OID таблицы или индекса. Аргументом для функции, предоставляющей статистику на уровне функций, является OID функции. Обратите внимание, что с помощью этих функций можно получить информацию по таблицам, индексам и функциям исключительно в текущей базе данных.

Дополнительные функции, связанные со сбором статистики, перечислены в Таблице 28.19.

Таблица 28.19. Дополнительные статистические функции

Функция	Тип результата	Описание
<code>pg_backend_pid()</code>	integer	Идентификатор серверного процесса, выполняющего текущую сессию
<code>pg_stat_get_activity (integer)</code>	setof record	Возвращает запись с информацией о серверном процессе с заданным PID или по одной строке для каждого активного серверного процесса в системе, если был указан NULL. Возвращаемые поля являются подмножеством столбцов представления <code>pg_stat_activity</code> .
<code>pg_stat_get_snapshot_timestamp()</code>	timestamp with time zone	Возвращает время снимка текущей статистики
<code>pg_stat_clear_snapshot()</code>	void	Сбросить текущий снимок статистики
<code>pg_stat_reset()</code>	void	Сбросить в ноль все статистические счётчики в текущей ба-

Функция	Тип результата	Описание
		зе данных (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим)
<code>pg_stat_reset_shared (text)</code>	<code>void</code>	Сбросить в ноль некоторые статистические счётчики на уровне кластера, в зависимости от заданного аргумента (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим). Вызов <code>pg_stat_reset_shared('bgwriter')</code> сбросит в ноль все счётчики, которые показывались в представлении <code>pg_stat_bgwriter</code> , а вызов <code>pg_stat_reset_shared('archiver')</code> — все счётчики в представлении <code>pg_stat_archiver</code> .
<code>pg_stat_reset_single_table_counters (oid)</code>	<code>void</code>	Сбросить в ноль статистику по отдельной таблице или индексу в текущей базе данных (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим)
<code>pg_stat_reset_single_function_counters (oid)</code>	<code>void</code>	Сбросить в ноль статистику по отдельной функции в текущей базе данных (по умолчанию разрешено только суперпользователям, но право выполнения (EXECUTE) этой функции можно дать и другим)

Функция `pg_stat_get_activity`, на которой основано представление `pg_stat_activity`, возвращает набор строк, содержащих всю доступную информацию о каждом серверном процессе. Иногда более удобным оказывается получение только части этой информации. В таких случаях можно использовать набор более старых функций, дающих доступ к статистике на уровне серверных процессов; эти функции описаны в Таблице 28.20. Эти функции используют идентификатор серверного процесса, значение которого варьируется от единицы до числа активных в настоящий момент серверных процессов. Функция `pg_stat_get_backend_idset` генерирует по одной строке для каждого активного серверного процесса, что необходимо для вызова этих функций. Например, для того, чтобы отобразить значения PID и текущие запросы всех серверных процессов:

```
SELECT pg_stat_get_backend_pid(s.backendid) AS pid,
       pg_stat_get_backend_activity(s.backendid) AS query
FROM (SELECT pg_stat_get_backend_idset() AS backendid) AS s;
```

Таблица 28.20. Статистические функции на уровне серверных процессов

Функция	Тип результата	Описание
<code>pg_stat_get_backend_idset()</code>	<code>setof integer</code>	Набор значений идентификаторов активных в настоящий момент серверных процессов

Функция	Тип результата	Описание
		мент серверных процессов (от 1 до числа активных серверных процессов)
<code>pg_stat_get_backend_activity(integer)</code>	text	Текст последнего запроса этого серверного процесса
<code>pg_stat_get_backend_activity_start(integer)</code>	timestamp with time zone	Время запуска последнего запроса
<code>pg_stat_get_backend_client_addr(integer)</code>	inet	IP-адрес клиента, подключённого к этому серверному процессу
<code>pg_stat_get_backend_client_port(integer)</code>	integer	Номер TCP-порта, который клиент использует для взаимодействия
<code>pg_stat_get_backend_dbid(integer)</code>	oid	OID базы данных, к которой подключён этот серверный процесс
<code>pg_stat_get_backend_pid(integer)</code>	integer	Идентификатор процесса этого серверного процесса
<code>pg_stat_get_backend_start(integer)</code>	timestamp with time zone	Время запуска этого процесса
<code>pg_stat_get_backend_userid(integer)</code>	oid	OID пользователя, подключённого к этому серверному процессу
<code>pg_stat_get_backend_wait_event_type(integer)</code>	text	Имя типа ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. За подробностями обратитесь к Таблице 28.4.
<code>pg_stat_get_backend_wait_event(integer)</code>	text	Имя ожидаемого события, если обслуживающий процесс находится в состоянии ожидания, а в противном случае — NULL. За подробностями обратитесь к Таблице 28.4.
<code>pg_stat_get_backend_xact_start(integer)</code>	timestamp with time zone	Время начала текущей транзакции

28.3. Просмотр информации о блокировках

Ещё одним удобным средством для отслеживания работы базы данных является системная таблица `pg_locks`. Она позволяет администратору базы просматривать информацию об имеющихся блокировках в менеджере блокировок. Например, это может использоваться для:

- просмотра всех имеющихся на данный момент блокировок, всех блокировок на отношения в определённой базе данных, всех блокировок на определённое отношение или всех блокировок, которые удерживает определённая сессия PostgreSQL.
- определения отношения в текущей базе данных с наибольшим количеством неразрешённых блокировок (оно может быть причиной конкуренции между клиентами базы данных).
- определения воздействия конкуренции за блокировку на производительность базы данных в целом, а так же то, как меняется конкуренция в зависимости от загрузки базы.

Более детально представление `pg_locks` описано в Разделе 52.73. Более подробную информацию о блокировках и управлению параллельным доступом в PostgreSQL можно получить в Главе 13.

28.4. Отслеживание выполнения

PostgreSQL имеет возможность отслеживать выполнение определённых команд. В настоящее время такое отслеживание поддерживает только команда `VACUUM`, но в будущем сфера его применения может быть расширена.

28.4.1. Отслеживание выполнения `VACUUM`

Во время выполнения `VACUUM` представление `pg_stat_progress_vacuum` будет содержать по одной строке для каждого обслуживающего процесса (включая рабочие процессы автоочистки), производящего очистку. Таблицы ниже показывают, какая информация будет отслеживаться, и рассказывают, как её интерпретировать. В настоящее время отслеживание выполнения не поддерживается для команды `VACUUM FULL`, так что процессы, выполняющие `VACUUM FULL`, не будут видны в этом представлении.

Таблица 28.21. Представление `pg_stat_progress_vacuum`

Столбец	Тип	Описание
<code>pid</code>	<code>integer</code>	Идентификатор (PID) этого обслуживающего процесса
<code>datid</code>	<code>oid</code>	OID базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
<code>datname</code>	<code>name</code>	Имя базы данных, к которой подключён этот обслуживающий процесс.
<code>relid</code>	<code>oid</code>	OID очищаемой таблицы.
<code>phase</code>	<code>text</code>	Текущая фаза очистки. См. Таблицу 28.22.
<code>heap_blks_total</code>	<code>bigint</code>	Общее число блоков кучи в таблице. Это число отражает состояние в начале сканирования; блоки, добавленные позже, не будут (и не должны) обрабатываться текущей командой <code>VACUUM</code> .
<code>heap_blks_scanned</code>	<code>bigint</code>	Число просканированных блоков кучи. Так как для оптимизации сканирования применяется карта видимости, некоторые блоки могут пропускаться без осмотра; пропущенные блоки входят в это общее число, так что по завершении очистки это число станет равно <code>heap_blks_total</code> . Этот счётчик увеличивается только в фазе <code>scanning heap</code> .
<code>heap_blks_vacuumed</code>	<code>bigint</code>	Число очищенных блоков кучи. Если в таблице нет индексов, этот счётчик увеличивается только в фазе <code>vacuuming heap</code> (очистка кучи). Блоки, не содержащие «мёртвых» кортежей, при этом пропускаются,

Столбец	Тип	Описание
		так что этот счётчик иногда может увеличиваться резкими рывками.
index_vacuum_count	bigint	Количество завершённых циклов очистки индекса.
max_dead_tuples	bigint	Число «мёртвых» кортежей, которое мы можем сохранить, прежде чем потребуется выполнить цикл очистки индекса, в зависимости от maintenance_work_mem.
num_dead_tuples	bigint	Число «мёртвых» кортежей, собранных со времени последнего цикла очистки индекса.

Таблица 28.22. Фазы VACUUM

Фаза	Описание
initializing	Инициализация — VACUUM готовится начать сканирование кучи. Эта фаза должна быть очень быстрой.
scanning heap	Сканирование кучи — VACUUM в настоящее время сканирует кучу. При этом будет очищена и, если требуется, дефрагментирована каждая страница, а возможно, также будет произведена заморозка. Отслеживать процесс сканирования можно, следя за содержимым столбца heap_blks_scanned .
vacuuming indexes	Очистка индексов — VACUUM в настоящее время очищает индексы. Если у таблицы есть какие-либо индексы, эта фаза будет наблюдаться минимум единожды в процессе очистки, после того, как куча будет просканирована полностью. Она может повторяться несколько раз в процессе очистки, если объёма maintenance_work_mem оказывается недостаточно для сохранения всех найденных «мёртвых» кортежей.
vacuuming heap	Очистка кучи — VACUUM в настоящее время очищает кучу. Очистка кучи отличается от сканирования, так как она происходит после каждой операции очистки индексов. Если heap_blks_scanned меньше чем heap_blks_total , система вернётся к сканированию кучи после завершения этой фазы; в противном случае она начнёт уборку индексов.
cleaning up indexes	Уборка индексов — VACUUM в настоящее время производит уборку в индексах. Это происходит после завершения полного сканирования кучи и очистки индексов и кучи.
truncating heap	Усечение кучи — VACUUM в настоящее время усекает кучу, чтобы вернуть операционной системе объём пустых страниц в конце отношения. Это происходит после уборки индексов.

Фаза	Описание
performing final cleanup	Выполнение окончательной очистки — <code>VACUUM</code> выполняет окончательную очистку. На этой стадии <code>VACUUM</code> очищает карту свободного пространства, обновляет статистику в <code>pg_class</code> и передаёт статистику сборщику статистики. После этой фазы <code>VACUUM</code> завершит свою работу.

28.5. Динамическая трассировка

PostgreSQL позволяет выполнять динамическую трассировку сервера базы данных. Имеющиеся возможности позволяют вызывать внешнюю утилиту в определённых точках кода и таким образом отслеживать его выполнение.

Несколько подобных точек сбора метрик, или точек трассировки, уже встроено в исходный код. Предполагается, что эти точки будут использоваться разработчиками и администраторами базы данных. По умолчанию точки трассировки не входят в сборку PostgreSQL; пользователь должен явно указать конфигурационному скрипту необходимость включения этих макросов.

В настоящее время поддерживается только утилита *DTrace*, которая доступна для Solaris, macOS, FreeBSD, NetBSD и Oracle Linux. Проект *SystemTap* для Linux представляет собой эквивалент DTrace и также может быть использован. Теоретически возможна поддержка и других утилит динамической трассировки, для этого необходимо изменить определения для макроса в `src/include/utils/probes.h`.

28.5.1. Компиляция для включения динамической трассировки

По умолчанию точки трассировки недоступны, поэтому в конфигурационном скрипте PostgreSQL требуется явно указать необходимость их подключения. Для поддержки утилиты DTrace укажите `--enable-dtrace` в конфигурационном файле. Более подробно смотрите Раздел 16.4.

28.5.2. Встроенные точки трассировки

В исходный код входит несколько стандартных точек трассировки, которые представлены в Таблице 28.23; в Таблице 28.24 показаны типы данных, которые используются для этих точек. Конечно, для более детального отслеживания работы PostgreSQL можно добавлять и другие точки трассировки.

Таблица 28.23. Встроенные точки трассировки DTrace

Имя	Параметры	Описание
transaction-start	(LocalTransactionId)	Срабатывает в начале новой транзакции. <code>arg0</code> задаёт идентификатор транзакции.
transaction-commit	(LocalTransactionId)	Срабатывает при успешном завершении транзакции. <code>arg0</code> задаёт идентификатор транзакции.
transaction-abort	(LocalTransactionId)	Срабатывает, когда транзакция завершается с ошибкой. <code>arg0</code> задаёт идентификатор транзакции.
query-start	(const char *)	Срабатывает, когда начинается обработка запроса. <code>arg0</code> задаёт текст запроса.
query-done	(const char *)	Срабатывает по завершении обработки запроса. <code>arg0</code> задаёт текст запроса.

Имя	Параметры	Описание
query-parse-start	(const char *)	Срабатывает, когда начинается разбор запроса. arg0 задаёт текст запроса.
query-parse-done	(const char *)	Срабатывает по завершении разбора (parsing) запроса. arg0 задаёт текст запроса.
query-rewrite-start	(const char *)	Срабатывает, когда начинается модификация запроса. arg0 задаёт текст запроса.
query-rewrite-done	(const char *)	Срабатывает по завершении модификации запроса. arg0 задаёт текст запроса.
query-plan-start	()	Срабатывает, когда начинает работать планировщик выполнения запроса.
query-plan-done	()	Срабатывает по завершении работы планировщика запроса.
query-execute-start	()	Срабатывает, когда начинается выполнение запроса.
query-execute-done	()	Срабатывает по завершении выполнения запроса.
statement-status	(const char *)	Срабатывает каждый раз, когда серверный процесс обновляет свой статус в pg_stat_activity.status. arg0 задаёт новую строку состояния.
checkpoint-start	(int)	Срабатывает в начале контрольной точки. arg0 содержит битовые флаги, с помощью которых задаются разные типы контрольных точек, такие как shutdown, immediate или force.
checkpoint-done	(int, int, int, int, int)	Срабатывает по завершении контрольной точки. (Перечисленные далее точки трассировки срабатывают последовательно при обработке контрольной точки.) arg0 задаёт число записанных буферов. arg1 — общее число буферов. arg2, arg3 и arg4 задают число файлов WAL, которые были добавлены, удалены или переработаны, соответственно.
clog-checkpoint-start	(bool)	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в CLOG. arg0 = true для обычных контрольных точек и false для контрольных точек типа shutdown.
clog-checkpoint-done	(bool)	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в

Имя	Параметры	Описание
		CLOG. Значение <code>arg0</code> задаётся аналогично значению для <code>clog-checkpoint-start</code> .
<code>subtrans-checkpoint-start</code>	<code>(bool)</code>	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в SUBTRANS. <code>arg0 = true</code> для обычных контрольных точек и <code>false</code> для контрольных точек типа shutdown.
<code>subtrans-checkpoint-done</code>	<code>(bool)</code>	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в SUBTRANS. Значение <code>arg0</code> задаётся аналогично значению для <code>subtrans-checkpoint-start</code> .
<code>multixact-checkpoint-start</code>	<code>(bool)</code>	Срабатывает, когда начинается запись контрольной точки в MultiXact. <code>arg0 = true</code> для обычных контрольных точек и <code>false</code> для контрольных точек типа shutdown.
<code>multixact-checkpoint-done</code>	<code>(bool)</code>	Срабатывает по завершении записи контрольной точки в MultiXact. Значение <code>arg0</code> задаётся аналогично значению для <code>multixact-checkpoint-start</code> .
<code>buffer-checkpoint-start</code>	<code>(int)</code>	Срабатывает, когда начинается запись буферов контрольной точки. <code>arg0</code> содержит битовые флаги, с помощью которых задаются разные типы контрольных точек, такие как shutdown, immediate или force.
<code>buffer-sync-start</code>	<code>(int, int)</code>	Срабатывает во время контрольной точки, когда начинается запись грязных буферов (после нахождения буферов, которые должны быть записаны). <code>arg0</code> задаёт общее число буферов. <code>arg1</code> задаёт число буферов, которые в настоящий момент являются грязными и должны быть записаны.
<code>buffer-sync-written</code>	<code>(int)</code>	Срабатывает после записи каждого буфера при выполнении контрольной точки. <code>arg0</code> задаёт идентификатор буфера.
<code>buffer-sync-done</code>	<code>(int, int, int)</code>	Срабатывает после записи всех грязных буферов. <code>arg0</code> задаёт общее число буферов. <code>arg1</code> задаёт число буферов, которые фактически были записаны процессом выполнения контрольной точки. <code>arg2</code> задаёт число буфе-

Имя	Параметры	Описание
		ров, которое должно было быть записано (arg1 из buffer-sync-start); разные значения говорят о том, что во время выполнения этой контрольной точки буферы сбрасывались другими процессами.
buffer-checkpoint-sync-start	()	Срабатывает после записи грязных буферов в ядро и до начала формирования запросов fsync.
buffer-checkpoint-done	()	Срабатывает по завершении синхронизации буферов с диском.
twophase-checkpoint-start	()	Срабатывает, когда начинается двухфазный этап выполнения контрольной точки.
twophase-checkpoint-done	()	Срабатывает по завершении двухфазного этапа выполнения контрольной точки.
buffer-read-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, bool)	Срабатывает, когда начинается чтение из буфера. arg0 и arg1 содержат номер слоя и блока этой страницы (arg1 будет иметь значение -1, если выполняется запрос на расширение места для таблицы). arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или InvalidBackendId (-1) — для разделяемого буфера. arg6 = true для запросов на расширение места для таблицы, false — в случае обычного чтения.
buffer-read-done	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, bool, bool)	Срабатывает по завершении чтения буфера. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы (arg1 будет содержать номер только что добавленного блока, если выполняется запрос на расширение места для таблицы). arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего

Имя	Параметры	Описание
		го временное отношение, или InvalidBackendId (-1) — для разделяемого буфера. arg6 = true для запросов на расширение места для таблицы, false — в случае обычного чтения. arg7 = true, если буфер был обнаружен в пуле, false — если нет.
buffer-flush-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)	Срабатывает перед формированием любого запроса на запись в разделяемый буфер. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение.
buffer-flush-done	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)	Срабатывает по завершении запроса на запись. (Учтите, что это отражает только момент передачи данных в ядро; обычно на диск они ещё не записаны.) Аргументы аналогичны buffer-flush-start.
buffer-write-dirty-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)	Срабатывает, когда серверный процесс начинает запись грязного буфера. (Частое повторение такой пробы означает, что значение shared_buffers слишком мало или что необходимо откорректировать управляющие параметры процесса фоновой записи.) arg0 и arg1 содержат номер слоя и блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение.
buffer-write-dirty-done	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid)	Срабатывает по завершении записи грязного буфера. Аргументы аналогичны buffer-write-dirty-start.
wal-buffer-write-dirty-start	()	Срабатывает, когда серверный процесс начинает запись грязного WAL буфера из-за того, что свободные WAL буферы закончились. (Частое повторение такой ситуации означает, что значение wal_buffers слишком мало.)
wal-buffer-write-dirty-done	()	Срабатывает по завершении записи грязного WAL буфера.

Имя	Параметры	Описание
wal-insert	(unsigned char, unsigned char)	Срабатывает при добавлении записи в WAL. arg0 задаёт идентификатор менеджера ресурсов (rmid) для этой записи. arg1 задаёт информационные флаги.
wal-switch	()	Срабатывает при запросе на переключение сегмента WAL.
smgr-md-read-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int)	Срабатывает, когда начинается чтение блока из отношения. arg0 and arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или InvalidBackendId (-1) для разделяемого буфера.
smgr-md-read-done	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, int, int)	Срабатывает по завершении чтения блока. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или InvalidBackendId (-1) — для разделяемого буфера. arg6 задаёт количество фактически прочитанных байтов, тогда как arg7 задаёт количество запрошенных байтов (различия говорят о наличии проблемы).
smgr-md-write-start	(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int)	Срабатывает, когда начинается запись блока в отношение. arg0 и arg1 содержат номер слоя и номер блока этой страницы. arg2, arg3 и arg4 содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. arg5 для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение.

Имя	Параметры	Описание
		ние, или <code>InvalidBackendId</code> (-1) — для разделяемого буфера.
<code>smgr-md-write-done</code>	<code>(ForkNumber, BlockNumber, Oid, Oid, Oid, int, int, int)</code>	Срабатывает по завершении записи блока. <code>arg0</code> и <code>arg1</code> содержат номер слоя и номер блока этой страницы. <code>arg2</code> , <code>arg3</code> и <code>arg4</code> содержат OID-ы табличного пространства, базы данных и отношения, которые однозначно идентифицируют отношение. <code>arg5</code> для локального буфера задаёт идентификатор серверного процесса, создавшего временное отношение, или <code>InvalidBackendId</code> (-1) — для разделяемого буфера. <code>arg6</code> задаёт количество фактически записанных байтов, тогда как <code>arg7</code> задаёт количество запрошенных байтов (различия говорят о наличии проблемы).
<code>sort-start</code>	<code>(int, bool, int, int, bool, int)</code>	Срабатывает, когда начинается операция сортировки. <code>arg0</code> задаёт сортировку таблицы, индекса или элемента данных. <code>arg1 = true</code> , если данные ожидаются уникальными. <code>arg2</code> задаёт число ключевых столбцов. <code>arg3</code> задаёт объём доступной рабочей памяти в килобайтах. <code>arg4 = true</code> , если требуется произвольный доступ к результату сортировки. В <code>arg5</code> значение 0 указывает на последовательный процесс, 1 — на параллельный, а 2 показывает, что это ведущий процесс в параллельной сортировке.
<code>sort-done</code>	<code>(bool, long)</code>	Срабатывает по завершении сортировки. <code>arg0 = true</code> для внешней сортировки, <code>false</code> — для внутренней сортировки. <code>arg1</code> задаёт число дисковых блоков, использованных для внешней сортировки, или объём памяти, использованной для внутренней сортировки, в килобайтах.
<code>lwlock-acquire</code>	<code>(char *, LWLockMode)</code>	Срабатывает, когда выдаётся блокировка <code>LWLock</code> . В <code>arg0</code> передаётся транш блокировки, в <code>arg1</code> запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).

Имя	Параметры	Описание
lwlock-release	(char *)	Срабатывает, когда блокировка LWLock освобождается (но учтите, что никакие ждущие процессы ещё не пробуждены). В arg0 передаётся транш блокировки.
lwlock-wait-start	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock не доступна моментально, и серверный процесс начал ожидать её доступности. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-wait-done	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда серверный процесс прекращает ожидание блокировки LWLock (но саму блокировку он ещё не получил). В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-condacquire	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock была успешно получена процессом, запросившим её в режиме без ожидания. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lwlock-condacquire-fail	(char *, LWLockMode)	Срабатывает, когда блокировка LWLock не была успешно получена процессом, запросившим её в режиме без ожидания. В arg0 передаётся транш блокировки, в arg1 запрошенный режим блокировки (исключительная или разделяемая).
lock-wait-start	(unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, LOCKMODE)	Срабатывает, когда запрос на тяжёлую блокировку (блокировку lmgr) переходит в состояние ожидания, поскольку блокировка недоступна. Аргументы с arg0 до arg3 задают атрибуты, идентифицирующие объект, на который накладывается блокировка. arg4 задаёт тип объекта, на который накладывается блокировка. arg5 задаёт тип запрошенной блокировки.
lock-wait-done	(unsigned int, unsigned int, unsigned int, unsigned int, LOCKMODE)	Срабатывает, когда запрос на тяжёлую блокировку (блокировку lmgr) выходит из состояния ожидания (т. е. получает

Имя	Параметры	Описание
		блокировку). Аргументы аналогичны lock-wait-start.
deadlock-found	()	Срабатывает, когда детектор взаимных блокировок обнаруживает такую взаимную блокировку

Таблица 28.24. Предопределённые типы, используемые в параметрах точек трассировки

Тип	Определение
LocalTransactionId	unsigned int
LWLockMode	int
LOCKMODE	int
BlockNumber	unsigned int
Oid	unsigned int
ForkNumber	int
bool	char

28.5.3. Использование точек трассировки

В приведённом ниже примере показан скрипт DTrace для анализа числа транзакций в системе, который можно использовать в качестве альтернативы созданию снимка данных `pg_stat_database` до и после выполнения теста производительности:

```
#!/usr/sbin/dtrace -qs

postgresql$1:::transaction-start
{
    @start["Start"] = count();
    self->ts = timestamp;
}

postgresql$1:::transaction-abort
{
    @abort["Abort"] = count();
}

postgresql$1:::transaction-commit
/self->ts/
{
    @commit["Commit"] = count();
    @time["Total time (ns)"] = sum(timestamp - self->ts);
    self->ts=0;
}
```

При выполнении этот D-скрипт возвращает результат вида:

```
# ./txn_count.d `pgrep -n postgres` or ./txn_count.d <PID>
^C

Start                                71
Commit                              70
Total time (ns)                     2312105013
```

Примечание

SystemTap использует отличную от DTrace нотацию для скриптов трассировки, хотя лежащие в их основе точки трассировки совместимы. Стоит отметить, что на момент написания этой главы в скриптах SystemTap имена точек трассировки должны обрамляться двойными подчёркиваниями, а не дефисами. Ожидается, что эта проблема будет решена в следующих версиях SystemTap.

Необходимо помнить, что скрипты DTrace должны быть аккуратно написаны и отлажены, в противном случае собранная трассировочная информация может оказаться бессмысленной. В большинстве случаев причиной обнаруженных проблем является инструментарий, а не сама система. Отправляя на рассмотрение данные, полученные с использованием динамической трассировки, обязательно прикладывайте скрипт, с помощью которого они были получены, для того чтобы его также проверить и обсудить.

28.5.4. Задание новых точек трассировки

Новые точки трассировки разработчик может определить в любом участке кода, однако это потребует перекомпиляции. Ниже приведены шаги, необходимые для добавления новых точек трассировки:

1. Определить имена точек трассировки и данные, которые будут доступны в этих точках
2. Добавить описание точек трассировки в `src/backend/utils/probes.d`
3. Включить `pg_trace.h`, если его ещё не использовали в модуле (модулях), содержащих точки трассировки, и вставить `TRACE_POSTGRESQL` отладочные макросы в нужные места исходного кода
4. Перекомпилировать и убедиться в доступности новых точек трассировки

Пример: Вот пример того, как можно добавить точку для трассировки всех новых транзакций по их идентификатору.

1. Устанавливаем, что проба будет называться `transaction-start` и принимать параметр типа `LocalTransactionId`
2. Добавляем определение пробы в `src/backend/utils/probes.d`:

```
probe transaction__start(LocalTransactionId);
```

Обратите внимание на использование двойного подчёркивания в имени пробы. В скрипте DTrace, использующем эту точку, двойное подчёркивание нужно будет заменить дефисом, поэтому в документации для пользователей имя этой пробы — `transaction-start`.

3. Во время компиляции `transaction__start` преобразуется в макрос `TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START` (обратите внимание, что здесь используется одинарное подчёркивание), который доступен в результате включения `pg_trace.h`. Добавим вызов макроса в требуемую точку исходного кода. В данном случае это будет выглядеть приблизительно так:

```
TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START(vxid.localTransactionId);
```

4. После перекомпиляции и запуска нового бинарного файла используйте следующую команду DTrace, чтобы проверить доступность только что добавленной пробы. Должен получиться результат, подобный этому:

```
# dtrace -ln transaction-start
ID      PROVIDER      MODULE      FUNCTION NAME
18705   postgresql49878     postgres    StartTransactionCommand transaction-start
18755   postgresql49877     postgres    StartTransactionCommand transaction-start
18805   postgresql49876     postgres    StartTransactionCommand transaction-start
```

18855	postgresql49875	postgres	StartTransactionCommand transaction-start
18986	postgresql49873	postgres	StartTransactionCommand transaction-start

При добавлении макросов трассировки в код, написанный на языке C, необходимо позаботиться о следующем:

- Нужно убедиться, что типы данных, определённые в параметрах пробы, совпадают с типами данных переменных, которые используются в макросе. В противном случае компиляция завершится с ошибками.
- В большинстве платформ в случае, если PostgreSQL собран с указанием `--enable-dtrace`, то аргументы макроса трассировки вычисляются каждый раз, когда макрос получает управление, *даже если трассировка не выполняется*. Об этом не стоит беспокоиться, если вы просто возвращаете значения небольшого числа локальных переменных. Однако избегайте использования ресурсоёмких вызовов функций в аргументах. Если это необходимо, то постарайтесь защитить макрос проверкой, которая будет определять, действительно ли включена трассировка:

```
if (TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START_ENABLED())
    TRACE_POSTGRESQL_TRANSACTION_START(some_function(...));
```

Каждый макрос трассировки имеет соответствующий макрос `ENABLED`.

Глава 29. Мониторинг использования диска

В данной главе обсуждается как отслеживать использование дискового пространства в СУБД PostgreSQL.

29.1. Определение использования диска

Для каждой таблицы создаётся первичный дисковый файл кучи (heap), в котором хранится большая часть данных. Если в таблице есть столбцы с потенциально большими значениями, то также может быть и ассоциированный с этой таблицей файл TOAST, который используется для хранения слишком больших значений, не уместяющихся в главной таблице (см. Раздел 68.2). На каждую таблицу TOAST, если она существует, будет существовать один индекс. Также там могут быть и индексы, ассоциированные с базовой таблицей. Каждая таблица и индекс хранятся в отдельном дисковом файле — возможно более чем в одном файле, если размер этого файла превышает один гигабайт. Преобразования имён для этих файлов описываются в Разделе 68.1.

Вы можете осуществлять мониторинг дискового пространства тремя способами: используя SQL-функции, перечисленные в Таблице 9.84, используя модуль oid2name или просматривая системные каталоги вручную. Вышеупомянутые SQL функции являются наиболее простыми и рекомендуются для использования. В продолжении этого раздела рассказывается, как просматривать системные каталоги.

Используя `psql` после недавнего применения команд `VACUUM` или `ANALYZE`, вы можете выполнить такой запрос, чтобы увидеть сколько дискового пространства использует какая-либо таблица:

```
SELECT pg_relation_filepath(oid), relpages FROM pg_class WHERE relname = 'customer';
```

```
pg_relation_filepath | relpages
-----+-----
base/16384/16806    |         60
(1 row)
```

Каждая страница обычно равна 8kb. (Помните, что `relpages` обновляется только командами `VACUUM`, `ANALYZE`, и несколькими командами DDL, такими как `CREATE INDEX`). Путь к файлу представляет интерес, если вы хотите проанализировать непосредственно файл на диске.

Чтобы посмотреть пространство, используемое таблицами TOAST, используйте следующий запрос:

```
SELECT relname, relpages
FROM pg_class,
     (SELECT reltoastrelid
      FROM pg_class
      WHERE relname = 'customer') AS ss
WHERE oid = ss.reltoastrelid OR
      oid = (SELECT indexrelid
             FROM pg_index
             WHERE indrelid = ss.reltoastrelid)
ORDER BY relname;
```

```
relname                | relpages
-----+-----
pg_toast_16806          |         0
pg_toast_16806_index   |         1
```

Вы можете легко посмотреть размеры индексов:

```
SELECT c2.relname, c2.relpages
FROM pg_class c, pg_class c2, pg_index i
WHERE c.relname = 'customer' AND
      c.oid = i.indrelid AND
```

```
c2.oid = i.indexrelid
ORDER BY c2.relname;
```

relname	relpages
customer_id_indexdex	26

Также легко найти самые большие таблицы и индексы, используя эту информацию:

```
SELECT relname, relpages
FROM pg_class
ORDER BY relpages DESC;
```

relname	relpages
bigtable	3290
customer	3144

29.2. Ошибка переполнения диска

Наиболее важной задачей мониторинга диска для администратора баз данных состоит в том, чтобы иметь уверенность в наличии свободного места на диске. Если диск полон, это не приведёт к повреждению данных, но может не давать выполняться некоторым полезным действиям. Если переполнится диск, который содержит файлы WAL, то сервер СУБД может аварийно завершить свою работу.

Если вы не можете освободить дополнительное пространство на диске, удалив какие-либо другие файлы, то можно перенести часть файлов базы данных на другие файловые системы, с помощью создания табличных пространств. Подробности об этом смотрите в Раздел 22.6.

Подсказка

Некоторые файловые системы плохо работают, когда они почти или совсем заполнены, так что не ждите пока диск заполнится полностью, чтобы выполнить необходимые действия.

Если ваша система поддерживает дисковые квоты для пользователей, вы должны позаботиться о квоте, выделенной для пользователя, от имени которого запускается сервер СУБД. Если эта квота будет исчерпана, последствия будут столь же негативными, как если просто закончится свободное место на диске.

Глава 30. Надёжность и журнал предзаписи

В данной главе рассказывается, как для обеспечения эффективной и надёжной работы используется журнал предзаписи.

30.1. Надёжность

Надёжность — это важное свойство любой серьёзной СУБД и PostgreSQL делает всё возможное, чтобы гарантировать надёжность своего функционирования. Один из аспектов надёжности состоит в том, что все данные записываются с помощью подтверждённых транзакций, которые сохраняются в энергонезависимой области, которая защищена от потери питания, сбоев операционной системы и аппаратных отказов (разумеется, за исключением отказа самой энергонезависимой области). Успешная запись данных в постоянное место хранения (диск или эквивалентный носитель) обычно всё, что требуется. Фактически, даже если компьютер полностью вышел из строя, если диски выжили, то они могут быть переставлены в другой похожий компьютер и все подтверждённые транзакции останутся неповреждёнными.

Хотя периодическая запись данных на пластины диска может выглядеть как простая операция, это не так, потому что диски значительно медленнее, чем оперативная память и процессор, а также потому что между оперативной памятью и пластинами диска есть некоторые механизмы кеширования. Во-первых, есть буферный кеш операционной системы, который кеширует частые запросы к блокам диска и комбинирует запись на диск. К счастью, все операционные системы предоставляют приложениям способ принудительной записи из буферного кеша на диск и PostgreSQL использует эту возможность. (Смотрите параметр `wal_sync_method` который отвечает за то как это делается.)

Далее, кеширование также может осуществляться контроллером диска; в особенности это касается RAID-контроллеров. В некоторых случаях это кеширование работает в режиме *сквозной записи*, что означает, что запись осуществляется на диск как только приходят данные. В других случаях, возможна работа в режиме *отложенной записи*, что означает, что запись осуществляется некоторое время спустя. Такой режим кеширования может создавать риск для надёжности, потому что память контроллера диска непостоянна и будет потеряна в случае потери питания. Лучшие контроллеры имеют так называемую *батарею резервного питания* (Battery-Backup Unit, BBU), которая сохраняет кеш контроллера на батарее, если пропадёт системное питание. После возобновления питания, данные, оставшиеся в кеше контроллера, будут записаны на диски.

И наконец, многие диски имеют кеширование. На каких-то дисках оно работает в режиме сквозной записи, на других в режиме отложенной записи, что приводит к тем же проблемам потери данных для кеша отложенной записи, что и с кешем в контроллерах дисков. Диски IDE и SATA, потребительского класса особенно, часто имеют кеш отложенной записи, который сбрасывается при потере питания. Многие SSD-накопители также имеют зависимый от питания кеш отложенной записи.

Обычно, такое кеширование можно выключить; однако, то, как это делается, различается для операционной системы и для типа диска:

- В Linux параметры дисков IDE и SATA могут быть получены с помощью команды `hdparm -I`; кеширование записи включено, если за строкой `Write cache` следует `*`. Для выключения кеширования записи может быть использована команда `hdparm -W 0`. Параметры SCSI-дисков могут быть получены с помощью утилиты `sdparm`. Используйте `sdparm --get=WCE`, чтобы проверить, включено ли кеширование записи, и `sdparm --clear=WCE`, чтобы выключить его.
- Во FreeBSD параметры IDE-дисков могут быть получены с помощью команды `atacontrol`, а кеширование записи выключается при помощи установки параметра `hw.ata.wc=0` в файле `/boot/loader.conf`; Для SCSI-дисков параметры могут быть получены, используя команду `camcontrol identify`, а кеширование записи изменяется при помощи утилиты `sdparm`.
- В Solaris кешированием записи на диск управляет команда `format -e`. (Использование файловой системы Solaris ZFS, при включённом кешировании записи на диск, является безопасным, потому что она использует собственные команды сброса кеша на диск.)

- В Windows, если параметр `wal_sync_method` установлен в `open_datasync` (по умолчанию), кеширование записи на диск может быть выключено снятием галочки `My Computer\Open\disk drive\Properties\Hardware\Properties\Policies\Enable write caching on the disk`. В качестве альтернативы, можно установить параметр `wal_sync_method` в значение `fsync` или `fsync_writethrough`, что предотвращает кеширование записи.
- В macOS кеширование записи можно отключить, установив для параметра `wal_sync_method` значение `fsync_writethrough`.

Новые модели SATA-дисков (которые соответствуют стандарту ATAPI-6 или более позднему) предлагают команду сброса кеша на диск (`FLUSH CACHE EXT`), а SCSI-диски уже давно поддерживают похожую команду `SYNCHRONIZE CACHE`. Эти команды недоступны из PostgreSQL напрямую, но некоторые файловые системы (например, ZFS, ext4), могут использовать их для сброса данных из кеша на пластины диска при включённом режиме кеша сквозной записи. К сожалению, такие файловые системы ведут себя неоптимально при комбинировании с батареей резервного питания (BBU) дискового контроллера. В таких случаях, команда синхронизации принуждает сохранять все данные на диск из кеша контроллера, сводя преимущество BBU к нулю. Вы можете запустить модуль `pg_test_fsync`, чтобы увидеть, что вы попали в эту ситуацию. Если это так, преимущества производительности BBU могут быть восстановлены с помощью выключения барьеров записи для файловой системы или переконфигурирования контроллера диска, если это возможно. Если барьеры записи выключены, убедитесь, что батарея годная; при отказе батареи может произойти потеря данных. Есть надежда, что разработчики файловых систем и контроллеров дисков, в конце концов, устроят это неоптимальное поведение.

Когда операционная система отправляет запрос на запись к аппаратному обеспечению для хранения данных, она мало что может сделать, чтобы убедиться, что данные действительно сохранены в какой-либо энергонезависимой области. Скорее, это является зоной ответственности администратора, убедиться в целостности данных на всех компонентах хранения. Избегайте дисковых контроллеров, которые не имеют батарей резервного питания для кеширования записи. На уровне диска, запретите режим отложенной записи, если диск не может гарантировать, что данные будут записаны перед выключением. Если вы используете SSD, знайте, что многие из них по умолчанию не выполняют команды сброса кеша на диск. Вы можете протестировать надёжность поведения подсистемы ввода/вывода, используя `diskchecker.pl`.

Другой риск потери данных состоит в самой записи на пластины диска. Пластины диска разделяются на секторы, обычно по 512 байт каждый. Каждая операция физического чтения или записи обрабатывает целый сектор. Когда дисковый накопитель получает запрос на запись, он может соответствовать нескольким секторам по 512 байт (PostgreSQL обычно за один раз записывает 8192 байта или 16 секторов) и из-за отказа питания процесс записи может закончиться неудачей в любое время, что означает, что некоторые из 512-байтовых секторов будут записаны, а некоторые нет. Чтобы защититься от таких сбоев, *перед* изменением фактической страницы на диске, PostgreSQL периодически записывает полные образы страниц на постоянное устройство хранения WAL. С помощью этого, во время восстановления после краха, PostgreSQL может восстановить из WAL страницы, которые записаны частично. Если у вас файловая система, которая защищена от частичной записи страниц (например, ZFS), вы можете выключить работу с образами страниц, выключив параметр `full_page_writes`. Батарея резервного питания (BBU) контроллера диска не защищает от частичной записи страниц, если не гарантируется, что данные записаны в BBU как полные (8kB) страницы.

PostgreSQL также защищает от некоторых видов повреждения данных на устройствах хранения, которые могут произойти из-за аппаратных ошибок или из-за дефектов поверхности с течением времени, например, при операциях чтения/записи во время сборки мусора.

- Каждая индивидуальная запись в WAL защищена с помощью контрольной суммы по алгоритму CRC-32 (32-bit), что позволяет судить о корректности данных в записи. Значение CRC устанавливается, когда мы пишем каждую запись WAL и проверяется в ходе восстановления после сбоя, восстановления из архива, и при репликации.
- Страницы данных в настоящее время не защищаются контрольными суммами по умолчанию, хотя полные образы страниц, записанные в WAL будут защищены; смотрите `initdb` для деталей о включении в страницы данных информации о контрольных суммах.

- Для внутренних структур данных, таких как `pg_xact`, `pg_subtrans`, `pg_multixact`, `pg_serial`, `pg_notify`, `pg_stat`, `pg_snapshots` не ведётся расчёт контрольной суммы, равно как и для страниц, защищённых посредством полностраничной записи. Однако там, где такие структуры данных являются постоянными, записи WAL пишутся таким образом, чтобы после сбоя было возможно аккуратно повторить последние изменения, а эти записи WAL защищаются так же, как описано выше.
- Файлы каталога `pg_twophase` защищены с помощью контрольной суммы CRC-32.
- Временные файлы данных, используемые в больших SQL-запросах для сортировки, материализации и промежуточных результатов, в настоящее время не защищаются контрольной суммой, а изменения в этих файлах не отражаются в WAL.

PostgreSQL не защищает от корректируемых ошибок памяти; предполагается, что вы будете работать с памятью, которая использует промышленный стандарт коррекции ошибок (ECC, Error Correcting Codes) или лучшую защиту.

30.2. Журнал предзаписи (WAL)

Журнал предзаписи (WAL) — это стандартный метод обеспечения целостности данных. Детальное описание можно найти в большинстве книг (если не во всех) по обработке транзакций. Вкратце, основная идея WAL состоит в том, что изменения в файлах с данными (где находятся таблицы и индексы) должны записываться только после того, как эти изменения были занесены в журнал, т. е. после того как записи журнала, описывающие данные изменения, будут сохранены на постоянное устройство хранения. Если следовать этой процедуре, то записывать страницы данных на диск после подтверждения каждой транзакции нет необходимости, потому что мы знаем, что если случится сбой, то у нас будет возможность восстановить базу данных с помощью журнала: любые изменения, которые не были применены к страницам с данными, могут быть воссозданы из записей журнала. (Это называется восстановлением с воспроизведением, или REDO.)

Подсказка

Поскольку WAL восстанавливает содержимое файлов базы данных, журналируемая файловая система не является необходимой для надёжного хранения файлов с данными или файлов WAL. Фактически, журналирование может снизить производительность, особенно если журналирование заставляет сохранять *данные* файловой системы на диск. К счастью, такое сохранение при журналировании часто можно отключить с помощью параметров монтирования файловой системы, например, `data=writeback` для файловой системы `ext3` в Linux. С другой стороны, с журналируемыми файловыми системами увеличивается скорость загрузки после сбоя.

Результатом использования WAL является значительное уменьшение количества запросов записи на диск, потому что для гарантии, что транзакция подтверждена, в записи на диск нуждается только файл журнала, а не каждый файл данных изменённый в результате транзакции. Файл журнала записывается последовательно и таким образом, затраты на синхронизацию журнала намного меньше, чем затраты на запись страниц с данными. Это особенно справедливо для серверов, которые обрабатывают много маленьких транзакций, изменяющих разные части хранилища данных. Таким образом, когда сервер обрабатывает множество мелких конкурентных транзакций, для подтверждения многих транзакций достаточно одного вызова `fsync` на файл журнала.

WAL также делает возможным поддержку онлайн-резервного копирования и восстановления на определённый момент времени, как описывается в Разделе 25.3. С помощью архивирования данных WAL поддерживается возврат к любому моменту времени, который доступен в данных WAL: мы просто устанавливаем предыдущую физическую резервную копию базы данных и воспроизводим журнал WAL до нужного момента времени. Более того, физическая резервная копия не должна быть мгновенным снимком состояния баз данных — если она была сделана некоторое время назад, воспроизведение журнала WAL за этот период исправит все внутренние несоответствия.

30.3. Асинхронное подтверждение транзакций

Асинхронная фиксация — это возможность завершать транзакции быстрее, ценой того, что в случае краха СУБД последние транзакции могут быть потеряны. Для многих приложений такой компромисс приемлем.

Как описано в предыдущей части, подтверждение транзакции обычно *синхронное*: сервер ждёт сохранения записей WAL транзакции в постоянном хранилище, прежде чем сообщить клиенту об успешном завершении. Таким образом, клиенту гарантируется, что транзакция, которую подтвердил сервер, будет защищена, даже если сразу после этого произойдёт крах сервера. Однако, для коротких транзакций данная задержка будет основной составляющей общего времени транзакции. В режиме асинхронного подтверждения сервер сообщает об успешном завершении сразу, как только транзакция будет завершена логически, прежде чем сгенерированные записи WAL фактически будут записаны на диск. Это может значительно увеличить производительность при выполнении небольших транзакций.

Асинхронное подтверждение транзакций приводит к риску потери данных. Существует короткое окно между отчётом о завершении транзакции для клиента и временем, когда транзакция реально подтверждена (т. е. гарантируется, что она не будет потеряна в случае краха сервера). Таким образом, асинхронное подтверждение транзакций не должно использоваться, если клиент будет выполнять внешние действия, опираясь на предположение, что транзакция будет сохранена. Например, банк конечно не должен использовать асинхронное подтверждение для транзакций в банкоматах, выдающих наличные. Но во многих случаях, таких как журналирование событий, столь серьёзная гарантия сохранности данных не нужна.

Риск потери данных при использовании асинхронного подтверждения транзакций — это не риск повреждения данных. Если случился крах СУБД, она будет восстановлена путём воспроизведения WAL до последней записи, которая была записана на диск. Таким образом, будет восстановлено целостное состояние СУБД, но любые транзакции, которые ещё не были сохранены на диск, в этом состоянии не будут отражены. Чистый эффект будет заключаться в потере нескольких последних транзакций. Поскольку транзакции воспроизводятся в том же порядке, в котором подтверждались, воспроизведение не нарушает целостность — например, если транзакция "B" выполнила изменения, которые влияют на предыдущую транзакцию "A", то не может быть такого, что изменения, выполненные "A" были потеряны, а изменения, внесённые "B" сохранены.

Пользователь может выбрать режим подтверждения для каждой транзакции, так что возможен конкурентный запуск транзакций в синхронном и асинхронном режиме. Это позволяет достичь гибкого компромисса между производительностью и конечно надёжностью транзакций. Режим подтверждения транзакций управляется параметром `synchronous_commit`, который может быть изменён любым из способов, пригодным для установки параметров конфигурации. Режим, используемый для какой-либо конкретной транзакции, зависит от значения `synchronous_commit`, которое действует на момент начала этой транзакции.

Некоторые команды, например `DROP TABLE`, принудительно запускают синхронное подтверждение транзакции, независимо от значения `synchronous_commit`. Это сделано для того, чтобы иметь уверенность в целостности данных между файловой системой сервера и логическим состоянием базы данных. Команды, которые поддерживают двухфазное подтверждение транзакций, такие как `PREPARE TRANSACTION`, также всегда синхронные.

Если во время окна риска между асинхронным подтверждением транзакции и сохранением на диск записей WAL, происходит крах СУБД, то изменения, сделанные во время этой транзакции *будут* потеряны. Продолжительность окна риска ограничена, потому что фоновый процесс («WAL writer»), сохраняющий не записанные записи WAL на диск каждые `wal_writer_delay` миллисекунд. Фактически, максимальная продолжительность окна риска составляет трёхкратное значение `wal_writer_delay`, потому что WAL writer разработан так, чтобы сразу сохранять целые страницы во время периодов занятости.

Внимание

Режим немедленного завершения работы (*immediate*) эквивалентен краху сервера и приведёт, таким образом, к потере всех не сохранённых асинхронных транзакций.

Асинхронное подтверждение транзакций предоставляет поведение, которое отличается от того, что соответствует установке параметра `fsync = off`. Настройка `fsync` касается всего сервера и может изменить поведение всех транзакций. Она выключает всю логику внутри PostgreSQL, которая пытается синхронизировать запись отдельных порций в базу данных и, таким образом, крах системы (обусловленный отказом аппаратного обеспечения или операционной системы, который не является сбоем самой СУБД PostgreSQL) может в результате привести к повреждению состояния базы данных. Во многих случаях, асинхронное подтверждение транзакций предоставляет лучшую производительность, чем то, что можно получить выключением `fsync`, но без риска повреждения данных.

`commit_delay` также выглядит очень похоже на асинхронное подтверждение транзакций, но по сути это является методом асинхронного подтверждения транзакций (фактически, во время асинхронных транзакций `commit_delay` игнорируется). `commit_delay` приводит к задержке только перед тем, как синхронная транзакция пытается записать данные WAL на диск, в надежде, что одинокая запись, выполняемая на одну такую транзакцию, сможет также обслужить другие транзакции, которые подтверждаются приблизительно в это же время. Установка этого параметра можно рассматривать как способ увеличения промежутка времени, в течение которого транзакции группируются для единовременной записи на диск. Это распределяет стоимость записи между несколькими транзакциями.

30.4. Настройка WAL

Существует несколько конфигурационных параметров относящихся к WAL, которые влияют на производительность СУБД. Далее рассказывается об их использовании. Общую информацию об установке параметров конфигурации сервера смотрите в Главе 19.

Контрольные точки— это точки в последовательности транзакций, в которых гарантируется, что файлы с данными и индексами были обновлены всей информацией записанной перед контрольной точкой. Во время контрольной точки, все страницы данных, находящиеся в памяти, сохраняются на диск, а в файл журнала записывается специальная запись контрольной точки. (Сделанные изменения были перед этим записаны в файлы WAL.) В случае краха процедура восстановления ищет последнюю запись контрольной точки, чтобы определить эту точку в журнале (называемую записью REDO), от которой процедура должна начать операцию воспроизведения изменений. Любые изменения файлов данных перед этой точкой гарантированно находятся уже на диске. Таким образом, после контрольной точки, сегменты журнала, которые предшествуют записи воспроизведения, больше не нужны и могут быть удалены или пущены в циклическую перезапись. (Когда архивирование WAL будет завершено, сегменты журнала должны быть архивированы перед их удалением или циклической перезаписи.)

Запись всех страниц данных из памяти на диск, которая требуется для контрольной точки, может вызвать значительную нагрузку на дисковый ввод/вывод. По этой причине, активность записи по контрольной точке регулируется так, что ввод/вывод начинается при старте контрольной точки и завершается перед стартом следующей контрольной точки; это минимизирует потерю производительности во время прохождения контрольных точек.

Отдельный серверный процесс контрольных точек автоматически выполняет контрольные точки с заданной частотой. Контрольные точки производятся каждые `checkpoint_timeout` секунд либо при приближении к пределу `max_wal_size`, если это имеет место раньше. Значения по умолчанию: 5 минут и 1 Гбайт, соответственно. Если после предыдущей контрольной точки новые записи WAL не добавились, следующие контрольные точки будут пропущены, даже если проходит время `checkpoint_timeout`. (Если вы применяете архивацию WAL и хотите установить нижний предел для частоты архивации, чтобы ограничить потенциальную потерю данных, вам следует настраи-

вать параметр `archive_timeout`, а не параметры контрольных точек.) Также можно выполнить контрольную точку принудительно, воспользовавшись SQL-командой `CHECKPOINT`.

Уменьшение значений `checkpoint_timeout` и/или `max_wal_size` приводит к учащению контрольных точек. Это позволяет ускорить восстановление после краха (поскольку для воспроизведения нужно меньше данных), но с другой стороны нужно учитывать дополнительную нагрузку, возникающую вследствие более частого сброса изменённых страниц данных на диск. Если включён режим `full_page_writes` (по умолчанию это так), нужно учесть и ещё один фактор. Для обеспечения целостности страницы данных, при первом изменении страницы данных после контрольной точки эта страница записывается в журнал целиком. В данном случае, чем меньше интервал между контрольными точками, тем больше объём записи в журнал WAL, так что это частично дискредитирует идею уменьшения интервала записи, и в любом случае приводит к увеличению объёма обмена с диском.

Контрольные точки довольно дороги с точки зрения ресурсов, во-первых, потому что они требуют записи всех буферов из памяти на диск, и во-вторых потому что они создают дополнительный трафик WAL, о чём говорилось выше. Таким образом, будет благоразумным установить параметры контрольных точек так, чтобы контрольные точки не выполнялись слишком часто. Для простой проверки параметров контрольной точки можно установить параметр `checkpoint_warning`. Если промежуток времени между контрольными точками будет меньше чем количество секунд, заданное параметром `checkpoint_warning`, то в журнал сервера будет выдано сообщение с рекомендацией увеличить `max_wal_size`. Эпизодическое появление такого сообщения не является поводом для беспокойства. Но если оно появляется часто, необходимо увеличить значения параметров управления контрольными точками. Массовые операции, такие как `COPY` с большим объёмом данных, могут привести к появлению нескольких таких предупреждений, если вы не установили `max_wal_size` достаточно большим.

Чтобы избежать «заваливания» системы ввода/вывода при резкой интенсивной записи страниц, запись «грязных» буферов во время контрольной точки растягивается на определённый период времени. Этот период управляется параметром `checkpoint_completion_target`, который задаётся как часть интервала контрольной точки. Скорость ввода/вывода подстраивается так, чтобы контрольная точка завершилась к моменту истечения заданной части от `checkpoint_timeout` секунд или до превышения `max_wal_size`, если оно имеет место раньше. Со значением 0.5, заданным по умолчанию, можно ожидать, что PostgreSQL завершит процедуру контрольной точки примерно за половину времени до начала следующей. В системе, которая работает практически на пределе мощности ввода/вывода в обычном режиме, есть смысл увеличить `checkpoint_completion_target`, чтобы уменьшить нагрузку ввода/вывода, связанную с контрольными точками. Но с другой стороны, растягивание контрольных точек влияет на время восстановления, так как для восстановления нужно будет задействовать большее количество сегментов WAL. Хотя в `checkpoint_completion_target` можно задать значение вплоть до 1.0, лучше выбрать значение меньше (по крайней мере, не больше 0.9), так как при контрольных точках выполняются и некоторые другие операции, помимо записи «грязных» буферов. Со значением 1.0 контрольные точки, скорее всего, не будут завершаться вовремя, что приведёт к потере производительности из-за неожиданных колебаний требуемого количества сегментов WAL.

На платформах Linux и POSIX параметр `checkpoint_flush_after` позволяет принудить ОС к сбросу страниц, записываемых во время контрольной точки, при накоплении заданного количества байт. Если его не настроить, эти страницы могут оставаться в кеше страниц ОС, что повлечёт затормаживание при выполнении `fsync` в конце контрольной точки. Этот параметр часто помогает уменьшить задержки транзакций, но может оказать и негативное влияние на производительность; особенно, когда объём нагрузки больше `shared_buffers`, но меньше кеша страниц в ОС.

Число файлов сегментов WAL в каталоге `pg_wal` зависит от `min_wal_size`, `max_wal_size` и объёма WAL, сгенерированного в предыдущих циклах контрольных точек. Когда старые файлы сегментов оказываются не нужны, они удаляются или перерабатываются (то есть переименовываются, чтобы стать будущими сегментами в нумерованной последовательности). Если вследствие кратковременного скачка интенсивности записи в журнал, предел `max_wal_size` превышает, ненужные файлы сегментов будут удаляться, пока система не опустится ниже этого предела. Оставаясь ниже этого предела, система перерабатывает столько файлов WAL, сколько необходимо для покрытия ожида-

емой потребности до следующей контрольной точки, и удаляет остальные. Эта оценка базируется на скользящем среднем числа файлов WAL, задействованных в предыдущих циклах контрольных точек. Скользящее среднее увеличивается немедленно, если фактическое использование превышает оценку, так что в нём в некоторой степени накапливается пиковое использование, а не среднее. Значение `min_wal_size` ограничивает снизу число файлов WAL, которые будут переработаны для будущего использования; такой объём WAL всегда будет перерабатываться, даже если система простаивает и оценка использования говорит, что нужен совсем небольшой WAL.

Вне зависимости от `max_wal_size`, в количестве `wal_keep_segments + 1` самые последние файлы WAL сохраняются в любом случае. Так же, если применяется архивация WAL, старые сегменты не могут быть удалены или переработаны, пока они не будут заархивированы. Если WAL архивируется медленнее, чем генерируется, либо если команда `archive_command` постоянно даёт сбой, старые файлы WAL будут накапливаться в `pg_wal`, пока ситуация не будет разрешена. Медленно работающий или отказавший ведомый сервер, использующий слот репликации, даст тот же эффект (см. Подраздел 26.2.6).

В режиме восстановления архива или горячего резерва сервер периодически выполняет *точки перезапуска*, которые похожи на контрольные точки в обычном режиме работы: сервер принудительно сбрасывает своё состояние на диск, обновляет файл `pg_control`, чтобы показать, что уже обработанные данные WAL не нужно сканировать снова, и затем перерабатывает все старые файлы сегментов журнала в каталоге `pg_wal`. Точки перезапуска не могут выполняться чаще, чем контрольные точки на главном сервере, так как они могут происходить только в записях контрольных точек. Точка перезапуска производится, когда достигается запись контрольной точки и после предыдущей точки перезапуска прошло не меньше `checkpoint_timeout` секунд или размер WAL может превысить `max_wal_size`. Однако из-за того, что на время выполнения точек перезапуска накладываются ограничения, `max_wal_size` часто превышает при восстановлении, вплоть до объёма WAL, записываемого в цикле между контрольными точками. (Значение `max_wal_size` никогда и не было жёстким пределом, так что всегда следует оставлять приличный запас сверху, чтобы не остаться без свободного места на диске.)

Наиболее часто используются две связанные с WAL внутренние функции: `XLogInsertRecord` и `XLogFlush`. `XLogInsertRecord` применяется для добавления записи в буферы WAL в разделяемой памяти. Если места для новой записи недостаточно, `XLogInsertRecord` придётся записать (переместить в кеш ядра) несколько заполненных буферов WAL. Это нежелательно, так как `XLogInsertRecord` используется при каждом изменении в базе данных на низком уровне (например, при добавлении строки) в момент, когда установлена исключительная блокировка задействованных страниц данных, поэтому данная операция должна быть максимально быстрой. Что ещё хуже, запись буферов WAL может также повлечь создание нового сегмента журнала, что займёт ещё больше времени. Обычно буферы WAL должны записываться и сохраняться на диске в функции `XLogFlush`, которая вызывается, по большей части, при фиксации транзакции, чтобы результаты транзакции сохранились в надёжном хранилище. В системах с интенсивной записью в журнал вызовы `XLogFlush` могут иметь место не так часто, чтобы `XLogInsertRecord` не приходилось производить запись. В таких системах следует увеличить число буферов WAL, изменив параметр `wal_buffers`. Когда включён режим `full_page_writes` и система очень сильно загружена, увеличение `wal_buffers` поможет сгладить скачки во времени ответа в период сразу после каждой контрольной точки.

Параметр `commit_delay` определяет, на сколько микросекунд будет засыпать ведущий процесс группы, записывающий в журнал, после получения блокировки в `XLogFlush`, пока подчинённые формируют очередь на запись. Во время этой задержки другие серверные процессы смогут добавлять записи в WAL буферы журнала, чтобы все эти записи сохранились на диск в результате одной операции синхронизации, которую выполнит ведущий. Ведущий процесс не засыпает, если отключён режим `fsync`, либо число сеансов с активными транзакциями меньше `commit_siblings`, так как маловероятно, что какой-либо другой сеанс зафиксирует транзакцию в ближайшее время. Обратите внимание, что на некоторых платформах, разрешение этого таймера сна составляет 10 миллисекунд, так что любое значение параметра `commit_delay` от 1 до 10000 микросекунд будет действовать одинаково. Кроме того, в некоторых системах состояние сна может продлиться несколько дольше, чем требует параметр.

Так как цель `commit_delay` состоит в том, чтобы позволить стоимости каждой операции синхронизации амортизироваться через параллельную фиксацию транзакций (потенциально за счёт задержки транзакции), необходимо определить количество той стоимости, прежде чем урегулирование сможет быть выбрано разумно. Чем выше стоимость, тем более эффективный будет `commit_delay` в увеличении пропускной способности транзакций в какой-то степени. Программа `pg_test_fsync` может использоваться, чтобы измерить среднее время в микросекундах, которое занимает одиночная работа сброса WAL на диск. Значение половины среднего времени сообщаемого программой рекомендуется в качестве отправной точки для использования значения в параметре `commit_delay` при оптимизации для конкретного объёма работы, и говорит о том, сколько нужно времени для синхронизации сброса единственной операции записи 8 КБ. Настройка параметра `commit_delay` особенно полезна в случае хранения WAL в хранилище с высокоскоростными дисками, такими как твердотельные накопители (SSD) или RAID-массивы с кешем записи и аварийным питанием на батарее; но это определённо должно тестироваться на репрезентативной рабочей нагрузке. Более высокие значения `commit_siblings` должны использоваться в таких случаях, тогда как меньшие значения `commit_siblings` часто полезны на носителях с большими задержками. Обратите внимание на то, что увеличение значения параметра `commit_delay` может увеличить задержку транзакции настолько, что пострадает общая производительность транзакций.

Даже если `commit_delay` равен нулю (значение по умолчанию), групповая фиксация все равно может произойти, но группа будет состоять только из тех сеансов, которым понадобилось сбросить записи о фиксации на диск за то время, пока происходил предыдущий сброс. Чем больше сеансов, тем чаще это происходит даже при нулевом `commit_delay`, поэтому увеличение этого параметра может и не оказать заметного действия. Установка `commit_delay` имеет смысл в двух случаях: (1) когда несколько транзакций одновременно фиксируют изменения, (2) либо когда частота фиксаций ограничена пропускной способностью дисковой подсистемы. Однако при задержке из-за низкой скорости вращения диска, эта настройка может оказаться полезной даже всего при двух сеансах.

Параметр `wal_sync_method` определяет, как PostgreSQL будет обращаться к ядру, чтобы принудительно сохранить WAL на диск. Все методы должны быть одинаковыми в плане надёжности, за исключением `fsync_writethrough`, который может иногда принудительно сбрасывать кеш диска, даже если другие методы не делают этого. Однако, какой из них самый быстрый, во многом определяется платформой; вы можете протестировать скорость, используя модуль `pg_test_fsync`. Обратите внимание, что данный параметр не имеет значения, если `fsync` выключен.

Включение параметра конфигурации `wal_debug` (предоставляется, если PostgreSQL был скомпилирован с его поддержкой) будет приводить к тому, что все вызовы связанных с WAL функций `XLogInsertRecord` и `XLogFlush` будут протоколироваться в журнале сервера. В будущем данный параметр может быть заменён более общим механизмом.

30.5. Внутреннее устройство WAL

WAL включается автоматически; от администратора не требуется никаких действий за исключением того, чтобы убедиться, что выполнены требования WAL к месту на диске, и что выполнены все необходимые действия по тонкой настройке (см. Раздел 30.4).

Записи WAL добавляются в журналы WAL по мере поступления. Позицию добавления в журнал определяет значение LSN (Log Sequence Number, Последовательный номер в журнале), представляющее собой смещение в байтах внутри журнала, монотонно увеличивающееся с каждой новой записью. Значения LSN возвращаются с типом данных `pg_lsn`. Сравнивая эти значения, можно вычислить объём данных WAL между ними, так что они могут быть полезны для вычисления прогресса при репликации и восстановлении.

Журналы WAL хранятся в виде набора файлов сегментов в каталоге `pg_wal`, который находится в каталоге данных. Эти файлы обычно имеют размер 16 Мбайт каждый (его можно изменить, передав `initdb` другое значение в `--wal-segsize`). Каждый файл сегмента разделяется на страницы, обычно по 8 Кбайт каждая (данный размер может быть изменён указанием `configure --with-wal-blocksize`). Заголовки записей журнала описываются в `access/xlogrecord.h`; содержимое самой

записи зависит от типа события, которое сохраняется в журнале. Файлы сегментов имеют имена-номера, которые начинаются с 000000010000000000000000 и увеличиваются автоматически. Циклирование этих номеров не предусмотрено, но для использования всех доступных номеров потребуется очень, очень много времени.

Выгодно размещать журналы WAL на другом диске, отличном от того, где находятся основные файлы базы данных. Для этого можно переместить каталог `pg_wal` в другое место (разумеется, когда сервер остановлен) и создать символическую ссылку из исходного места на перемещённый каталог.

Для WAL важно, чтобы запись в журнал выполнялась до изменений данных в базе. Но этот порядок могут нарушить дисковые устройства, которые ложно сообщают ядру об успешном завершении записи, хотя фактически они только выполнили кеширование данных и пока не сохранили их на диск. Сбой питания в такой ситуации может привести к неисправимому повреждению данных. Администраторы должны убедиться, что диски, где хранятся файлы журналов WAL PostgreSQL, не выдают таких ложных сообщений ядру. (См. Раздел 30.1.)

После выполнения контрольной точки и сброса журнала позиция контрольной точки сохраняется в файл `pg_control`. Таким образом, при старте восстановления сервер сперва читает файл `pg_control` и затем запись контрольной точки; затем он выполняет операцию REDO, сканируя вперёд от позиции в журнале, обозначенной в записи контрольной точки. Поскольку полное содержимое страниц данных сохраняется в журнале в первой странице после контрольной точки (предполагается, что включён режим `full_page_writes`), все страницы, изменённые с момента контрольной точки, будут восстановлены в целостном состоянии.

В случае, если файл `pg_control` повреждён, мы должны поддерживать возможность сканирования существующих сегментов журнала в обратном порядке — от новых к старым — чтобы найти последнюю контрольную точку. Это пока не реализовано. `pg_control` является достаточно маленьким файлом (меньше, чем одна дисковая страница), который не должен попадать под проблему частичной записи и на момент написания данной документации, не было ни одного сообщения о сбоях СУБД исключительно из-за невозможности чтения самого файла `pg_control`. Таким образом, хотя теоретически это является слабым местом, на практике проблем с `pg_control` не обнаружено.

Глава 31. Логическая репликация

Логическая репликация — это метод репликации объектов данных и изменений в них, использующий репликационные идентификаторы (обычно это первичный ключ). Мы называем такую репликацию «логической», в отличие от физической, которая построена на точных адресах блоков и побайтовом копировании. PostgreSQL поддерживает оба механизма одновременно; см. Главу 26. Логическая репликация позволяет более детально управлять репликацией данных и аспектами безопасности.

В логической репликации используется модель *публикаций/подписок* с одним или несколькими *подписчиками*, которые подписываются на одну или несколько *публикаций* на *публикующем* узле. Подписчики получают данные из публикаций, на которые они подписаны, и могут затем повторно опубликовать данные для организации каскадной репликации или более сложных конфигураций.

Логическая репликация таблицы обычно начинается с создания снимка данных в публикуемой базе данных и копирования её подписчику. После этого изменения на стороне публикации передаются подписчику в реальном времени, когда они происходят. Подписчик применяет изменения в том же порядке, что и узел публикации, так что для публикаций в рамках одной подписки гарантируется транзакционная целостность. Этот метод репликации данных иногда называется транзакционной репликацией.

Типичные сценарии использования логической репликации:

- Передача подписчикам инкрементальных изменений в одной базе данных или подмножестве базы данных, когда они происходят.
- Срабатывание триггеров для отдельных изменений, когда их получает подписчик.
- Объединение нескольких баз данных в одну (например, для целей анализа).
- Репликация между разными основными версиями PostgreSQL.
- Репликация между экземплярами PostgreSQL на разных платформах (например, с Linux на Windows)
- Предоставление доступа к реплицированным данным другим группам пользователей.
- Разделение подмножества базы данных между несколькими базами данных.

База данных подписчика функционирует так же, как и любой другой экземпляр базы PostgreSQL, и может стать публикующей, если создать публикации в ней. Когда подписчик действует как исключительно читающее приложение, никаких конфликтов с одной подпиской не будет. Но они могут возникнуть, если в тот же набор таблиц производят запись какие-либо приложения или другие подписчики.

31.1. Публикация

Публикация может быть определена на любом ведущем сервере физической репликации. Сервер, на котором определяется публикация, называется *публикующим*. Публикация — это набор изменений, выделяемых в таблице или в группе таблиц (он также может называться набором репликации). Публикация существует только в одной базе данных.

Публикации отличаются от схем и они никак не влияют на доступ к таблице. Если требуется, каждую таблицу можно включить в несколько публикаций. В настоящее время публикации могут содержать только таблицы. Объекты в них нужно добавлять явным образом, если только публикация не создана для всех таблиц (с указанием `ALL TABLES`).

Публикации могут ограничивать набор публикуемых изменений, выбирая любое сочетание операций из `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `TRUNCATE`, подобно тому как для разных типов событий могут срабатывать триггеры. По умолчанию реплицируются все типы операций.

Чтобы можно было реплицировать операции `UPDATE` и `DELETE`, в публикуемой таблице должен быть настроен «репликационный идентификатор» для нахождения соответствующих строк для изменения или удаления на стороне подписчика. По умолчанию это первичный ключ, если он создан. Также репликационным идентификатором можно назначить другой уникальный индекс (с некоторыми дополнительными условиями). Если в таблице нет подходящего ключа, в качестве репликационного идентификатора можно задать «full», что будет означать, что ключом будет вся строка. Это, однако, очень неэффективно и должно применяться как крайняя мера, если другого решения нет. Если на стороне публикации выбран репликационный идентификатор, отличный от «full», то идентификатор, состоящий из того же или меньшего количества столбцов, также должен быть определён на стороне подписчика. Подробнее о назначении репликационного идентификатора рассказывается в `REPLICA IDENTITY`. Если в публикацию, в которой реплицируются операции `UPDATE` и `DELETE`, добавляется таблица без репликационного идентификатора, то последующие команды `UPDATE` и `DELETE` на стороне публикации вызовут ошибку. Команды `INSERT` могут выполняться вне зависимости от такого идентификатора.

У каждой публикации может быть множество подписчиков.

Публикация создаётся командой `CREATE PUBLICATION` и может быть впоследствии изменена или удалена с помощью соответствующих команд.

В публикации можно динамически добавлять или удалять отдельные таблицы, используя команду `ALTER PUBLICATION`. Операции `ADD TABLE` и `DROP TABLE` являются транзакционными, так что репликация таблицы будет начата или закончена с определённым снимком только после фиксации транзакции.

31.2. Подписка

Подписка — это принимающая сторона логической репликации. Узел, на котором определяется подписка, называется *подписчиком*. В свойствах подписки определяется подключение к другой базе данных и набор публикаций (из одной или нескольких), на которые подписчик хочет подписаться.

База данных подписчика работает так же, как и экземпляр любой другой базы PostgreSQL, и может быть публикующей для других баз, если в ней определены собственные подписки.

Узел подписчика может подписываться на несколько подписок, если требуется. В одной паре публикующий сервер/подписчик могут быть определены несколько подписок, но при этом нужно позаботиться о том, чтобы публикуемые объекты в разных подписках не перекрывались.

Изменения в каждой подписке будут приходить через один слот репликации (см. Подраздел 26.2.6). Дополнительные слоты репликации могут потребоваться для начальной синхронизации уже существующих данных таблиц.

Подписка логической репликации может представлять собой ведомый узел для синхронной репликации (см. Подраздел 26.2.8). В этом случае именем ведомого узла по умолчанию будет имя подписки. Другое имя можно задать в свойстве `application_name` в строке подключения для данной подписки.

Подписки могут быть выгружены командой `pg_dump`, если её выполняет суперпользователь. В противном случае выдаётся предупреждение и подписки пропускаются, так как обычным пользователям не разрешено читать всю информацию о подписках из каталога `pg_subscription`.

Подписки добавляются командой `CREATE SUBSCRIPTION` и могут быть остановлены/возобновлены в любой момент командой `ALTER SUBSCRIPTION`, а также удалены командой `DROP SUBSCRIPTION`.

Когда подписка удаляется и пересоздаётся, информация о синхронизации теряется. Это означает, что после этого данные необходимо синхронизировать заново.

Определения схемы не реплицируются, а публикуемые таблицы должны существовать в базе подписчика. Объектами репликации могут быть только обычные таблицы. Так, например, нельзя произвести репликацию в представление.

Таблицы публикации сопоставляются с таблицами подписчика по полностью заданным именам таблиц. Репликация в таблицы с другими именами на стороне подписчика не поддерживается.

Столбцы таблиц также сопоставляются по именам. Другой порядок столбцов в целевой таблице допускается, но типы столбцов должны совпадать. Целевая таблица может содержать дополнительные столбцы, отсутствующие в публикуемой таблице. Они будут заполнены установленными для них значениями по умолчанию.

31.2.1. Управление слотами репликации

Как было сказано ранее, каждая (активная) подписка получает изменения из слота репликации на удалённой стороне (стороне публикации). Обычно удалённый слот репликации создаётся автоматически, когда подписка создаётся командой `CREATE SUBSCRIPTION`, и удаляется автоматически, когда она удаляется командой `DROP SUBSCRIPTION`. Однако в некоторых ситуациях может быть полезно или необходимо манипулировать подпиской и нижележащим слотом по отдельности. Например, возможны такие сценарии:

- При создании подписки слот репликации может уже существовать. В этом случае подписку можно создать с параметром `create_slot = false`, чтобы она была связана с существующим слотом.
- При создании подписки удалённый узел может быть недоступен или находиться в нерабочем состоянии. В этом случае подписку можно создать с указанием `connect = false`. При этом подключение к удалённому узлу не будет устанавливаться. Этот вариант использует `pg_dump`. Чтобы активировать такую подписку впоследствии, удалённый слот репликации нужно будет создать вручную.
- При ликвидации публикации может потребоваться сохранить слот репликации. Например, это полезно, когда нужно перенести базу данных подписчика на другой узел и активировать её там. В этом случае разорвите связь подписки со слотом, используя команду `ALTER SUBSCRIPTION`, прежде чем удалять подписку.
- При ликвидации подписки удалённый узел может быть недоступен. В этом случае разорвите связь подписки со слотом, используя команду `ALTER SUBSCRIPTION`, прежде чем пытаться удалить подписку. Если удалённый экземпляр базы данных прекратил существование, больше никакие действия не требуются. Если же экземпляр удалённой базы данных просто оказался недоступным, слот репликации нужно будет удалить вручную; в противном случае публикующий сервер продолжит сохранять WAL и может в конце концов заполнить всё место на диске. Такие случаи заслуживают самого серьёзного разбирательства.

31.3. Конфликты

Логическая репликация работает подобно обычным операциям DML в том смысле, что данные будут изменены, даже если они независимо изменялись на стороне подписчика. Если входящие данные нарушат какие-либо ограничения, репликация остановится. Эта ситуация называется *конфликтом*. При репликации операций `UPDATE` или `DELETE` отсутствие данных не вызывает конфликта, так что такие операции просто пропускаются.

В случае конфликта выдаётся ошибка и репликация останавливается; разрешить возникшую проблему пользователь должен вручную. Подробности конфликта можно найти в журнале сервера-подписчика.

Разрешение может заключаться либо в изменении данных на стороне подписчика, чтобы они не конфликтовали с приходящим изменением, либо в пропуске транзакции, конфликтующей с существующими данными. Пропустить транзакцию можно, вызвав функцию `pg_replication_origin_advance()`, которой передаётся в `node_name` соответствующее имя подпис-

ки, а также позиция. Текущие позиции источников можно увидеть в системном представлении `pg_replication_origin_status`.

31.4. Ограничения

Логическая репликация в настоящее время имеет ограничения и недостатки, описанные ниже. Они могут быть устранены в будущих выпусках.

- Схема базы данных и команды DDL не реплицируются. Изначальную схему можно скопировать, воспользовавшись командой `pg_dump --schema-only`. Последующие изменения схемы необходимо будет синхронизировать вручную. (Заметьте, однако, что схемы не обязательно должны быть абсолютно идентичными на обеих сторонах репликации.) Если определения схемы в исходной базе данных меняются, логическая репликация работает надёжно — когда данные после изменения схемы прибывают на сторону подписчика, но не вписываются в схему его таблиц, выдаётся ошибка, требующая обновления схемы. Во многих случаях возникновение таких ошибок можно предупредить, сначала применяя дополняющие изменения на подписчике.
- Данные последовательностей не реплицируются. Данные в столбцах `serial` или столбцах идентификации, выдаваемые последовательностями, конечно, будут реплицированы в составе таблицы, но сама последовательность на подписчике будет сохранять стартовое значение. Если подписчик используется в качестве базы только для чтения, обычно это не является проблемой. Если же, однако, предусматривается возможность переключения на базу подписчика некоторым образом, текущие значения в этих последовательностях нужно будет обновить, либо скопировав текущие данные из базы публикации (вероятно, с применением `pg_dump`), либо выбрав достаточно большие значения из самих таблиц.
- Репликация команд `TRUNCATE` поддерживается, но опустошение групп таблиц, соединённых внешними ключами, стоит выполнять с осторожностью. При репликации действия `TRUNCATE` подписчик опустошит ту же группу таблиц, которая была опустошена на публикующем сервере (явным образом или в результате `CASCADE`), исключая таблицы, не входящие в подписку. Данная операция завершится корректно, если все затронутые таблицы включены в одну и ту же подписку. Если же некоторые таблицы, подлежащие опустошению на подписчике, связаны по внешнему ключу с таблицами, не входящими в данную подписку, операция опустошения на сервере-подписчике завершится ошибкой.
- Большие объекты (см. Главу 35) не реплицируются. Это ограничение нельзя обойти никак, кроме как хранить данные в обычных таблицах.
- Реплицировать данные возможно только из базовых таблиц в базовые таблицы. То есть таблицы на стороне публикации и на стороне подписки должны быть обычными, а не представлениями, мат. представлениями, секционированными или сторонними таблицами. Это означает, что вы можете реплицировать секции одну в одну, но реплицировать данные в таблицы, секционированные по-другому, нельзя. При попытке реплицировать таблицы, отличные от базовых, будет выдана ошибка.

31.5. Архитектура

Логическая репликация начинается с копирования снимка данных в базе данных публикации. По завершении этой операции изменения на стороне публикации передаются подписчику в реальном времени, когда они происходят. Подписчик применяет изменения в том же порядке, в каком они вносятся на узле публикации, так что для публикаций в рамках одной подписки гарантируется транзакционная целостность.

Логическая репликация построена по схеме, подобной физической потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5). Она реализуется процессами «walsender» (передачи WAL) и «apply» (применения). Процесс `walsender` запускает логическое декодирование (описанное в Главе 49) WAL и загружает стандартный модуль логического декодирования (`pgoutput`). Этот модуль преобразует изменения, считываемые из WAL, в протокол логической репликации (см. Раздел 53.5) и отфильтровывает данные согласно спецификации публикации. Затем данные последовательно передаются

по протоколу логической репликации рабочему процессу применения изменений, который сопоставляет данные с логическими таблицами и применяет отдельные изменения по мере их поступления, сохраняя транзакционный порядок.

Процесс применения изменений в базе данных подписчика всегда выполняется со значением `session_replication_role`, равным `replica`, что влечёт соответствующие эффекты для триггеров и ограничений.

Процесс применения логической репликации в настоящее время вызывает только триггеры уровня строк, но не триггеры операторов. Однако начальная синхронизация таблицы реализована как команда `COPY` и поэтому вызывает триггеры для `INSERT` и уровня строк, и уровня оператора.

31.5.1. Начальный снимок

Начальные данные существующих таблиц в подписке помещаются в снимок и копируются в параллельном экземпляре процесса применения особого вида. Этот процесс создаёт собственный слот репликации и производит копирование существующих данных. Когда существующие данные будут скопированы, этот рабочий процесс переходит в режим синхронизации, в котором таблица приводится в синхронизированное состояние для основного процесса применения, то есть передаёт все изменения, произошедшие во время начального копирования данных, используя стандартную логическую репликацию. По завершении синхронизации управление репликацией этой таблицы возвращается главному процессу, который продолжает репликацию в обычном режиме.

31.6. Мониторинг

Так как логическая репликация построена по схеме, подобной физической потоковой репликации, мониторинг публикующего узла подобен мониторингу ведущего сервера при физической репликации (см. Подраздел 26.2.5.2).

Информацию о подписке для мониторинга можно получить в представлении `pg_stat_subscription`. Это представление содержит по одной строке для каждого рабочего процесса подписчика. В зависимости от состояния подписки, с ней может быть связано ноль или более активных рабочих процессов.

Обычно для включённой подписки работает только один процесс применения. Для отключённой или нарушенной подписки это представление будет содержать ноль строк. Если выполняется начальная синхронизация данных для каких-либо таблиц, для этих таблиц будут показаны дополнительные рабочие процессы, производящие синхронизацию.

31.7. Безопасность

Роль, используемая для подключения репликации, должна иметь атрибут `REPLICATION` (или быть суперпользователем). Доступ для этой роли должен быть настроен в `pg_hba.conf`, и эта роль также должна иметь атрибут `LOGIN`.

Чтобы иметь возможность скопировать исходные данные таблицы, роль, используемая для соединения репликации, должна иметь право `SELECT` в публикуемой таблице (или быть суперпользователем).

Чтобы создать публикацию, пользователь должен иметь право `CREATE` в базе данных.

Чтобы добавлять таблицы в публикацию, пользователь должен иметь права владельца для этих таблиц. Создавать публикации, публикующие все таблицы автоматически, разрешено только суперпользователям.

Создавать подписки разрешено только суперпользователям.

Процесс применения изменений подписки будет выполняться в локальной базе с правами суперпользователя.

Права проверяются только один раз при установлении подключения для репликации. Они не перепроверяются при чтении каждой записи изменения с публикующего сервера и не перепроверяются при применении каждого изменения.

31.8. Параметры конфигурации

Для осуществления логической репликации необходимо установить несколько параметров конфигурации.

На публикующем сервере параметр `wal_level` должен иметь значение `logical`, а в `max_replication_slots` должно быть задано число не меньше ожидаемого числа подписчиков плюс некоторый резерв для синхронизации таблиц. А в `max_wal_senders` должно быть значение как минимум равное `max_replication_slots` плюс число возможных физических реплик, работающих одновременно.

Также на стороне подписчика необходимо установить параметр `max_replication_slots`. В данном случае он должен быть не меньше числа подписок, на которые будет подписываться данный подписчик. В `max_logical_replication_workers` необходимо установить минимум число подписок плюс некоторый резерв для синхронизации таблиц. Кроме того, может потребоваться изменить `max_worker_processes`, чтобы это число включало дополнительные рабочие процессы для репликации (как минимум `max_logical_replication_workers + 1`). Заметьте, что некоторые расширения и параллельные запросы также занимают слоты из числа `max_worker_processes`.

31.9. Быстрая настройка

Сначала установите параметры конфигурации в `postgresql.conf`:

```
wal_level = logical
```

Другие необходимые параметры по умолчанию имеют значения, подходящие для базовой настройки.

В файл `pg_hba.conf` необходимо внести изменения, чтобы разрешить репликацию (конкретные значения будут зависеть от фактической конфигурации сети и имени пользователя, с которым вы будете подключаться):

```
host      all      repuser      0.0.0.0/0      md5
```

Затем в базе данных публикации выполните:

```
CREATE PUBLICATION mypub FOR TABLE users, departments;
```

И в базе данных подписчика:

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub CONNECTION 'dbname=foo host=bar user=repuser' PUBLICATION mypub;
```

Показанная выше команда запустит процесс репликации, который вначале синхронизирует исходное содержимое таблиц `users` и `departments`, а затем начнёт перенос инкрементальных изменений в этих таблицах.

Глава 32. JIT-компиляция

В этой главе рассказывается о том, что такое JIT-компиляция, и как можно настроить её в PostgreSQL.

32.1. Что такое JIT-компиляция?

JIT-компиляция (Just-In-Time compilation, Компиляция «точно в срок») — это производимая во время выполнения процедура преобразования интерпретируемого варианта исполнения программы в программу на языке процессора. Например, вместо использования универсального кода, способного вычислять произвольные SQL-выражения, для вычисления конкретного условия `WHERE a.col = 3` можно сгенерировать функцию, предназначенную именно для этого выражения, которую сможет выполнять непосредственно процессор, так что она будет выполняться быстрее.

PostgreSQL поддерживает JIT-компиляцию с использованием *LLVM*, если сборка PostgreSQL производится с ключом `--with-llvm`.

Дополнительные подробности можно найти в файле `src/backend/jit/README`.

32.1.1. Операции, ускоряемые с применением JIT

В настоящее время реализация JIT в PostgreSQL поддерживает ускорение вычисления выражений и преобразования кортежей. В будущем могут быть ускорены и некоторые другие операции.

Вычисление выражений производится при обработке предложений `WHERE`, целевых списков, агрегатов и проекций. Оно может быть ускорено в результате генерирования кода, предназначенного для каждого конкретного случая.

Преобразование кортежей — процедура перевода кортежа с диска (см. Подраздел 68.6.1) в развёрнутое представление в памяти. Его можно ускорить, создав функции, предназначенные для определённой структуры таблицы и количества извлекаемых столбцов.

32.1.2. Встраивание

СУБД PostgreSQL очень гибка и позволяет определять новые типы данных, функции, операторы и другие объекты базы данных; см. Главу 38. В действительности встроенные объекты реализуются практически теми же механизмами. С этой гибкостью связаны некоторые издержки, например, сопутствующие вызовам функций (см. Раздел 38.3). Для сокращения этих издержек JIT-компиляция может встраивать тела маленьких функций в код выражений, использующих их. Это позволяет оптимизировать значительный процент подобных издержек.

32.1.3. Оптимизация

В LLVM поддерживается оптимизация сгенерированного кода. Некоторые оптимизации обходятся достаточно дёшево и могут выполняться при использовании JIT в любом случае, тогда как другие оправданы только при длительных запросах. Подробнее об оптимизации рассказывается в <https://llvm.org/docs/Passes.html#transform-passes>.

32.2. Когда применять JIT?

JIT-компиляция имеет смысл в первую очередь для длительных запросов, нагружающих процессор. Например, такой характер обычно имеют аналитические запросы. Для быстрых запросов накладные расходы, связанные с выполнением JIT-компиляции, часто будут превышать выигрыш от их ускорения.

Решение об использовании JIT-компиляции принимается на основании общей стоимости запроса (см. Главу 70 и Подраздел 19.7.2). Стоимость запроса сравнивается со значением `jit_above_cost`, и если она оказывается больше, производится JIT-компиляция. Затем принимаются ещё два реше-

ния. Во-первых, если его стоимость превышает значение `jit_inline_above_cost`, тела небольших функций и операторов, фигурирующих в запросе, будут встраиваться в вызывающий код. Во-вторых, если стоимость запроса превышает значение `jit_optimize_above_cost`, при генерации кода задействуются дорогостоящие оптимизации для улучшения сгенерированного кода. Обе эти операции увеличивают накладные расходы JIT, но могут значительно сократить время выполнения запроса.

Эти решения принимаются на основе стоимости во время планирования, а не исполнения запроса. Это означает, что в случае использования подготовленных операторов и общего плана (см. Раздел «Замечания») принятие решений зависит от параметров конфигурации, действующих во время подготовки запроса, а не во время выполнения.

Примечание

Если параметр `jit` имеет значение `off` или сервер не поддерживает JIT (например, потому что он был скомпилирован без `--with-llvm`), JIT-компиляция выполняться не будет, даже если она была бы выгодна, исходя из описанных выше критериев. Присвоенное параметру `jit` значение `off` учитывается и во время планирования, и во время выполнения запросов.

EXPLAIN позволяет определить, используется ли JIT-компиляция. Например, так выглядит запрос, не использующий JIT:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT SUM(relpages) FROM pg_class;
                                         QUERY PLAN
-----
Aggregate  (cost=16.27..16.29 rows=1 width=8) (actual time=0.303..0.303 rows=1
 loops=1)
   -> Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..15.42 rows=342 width=4) (actual
 time=0.017..0.111 rows=356 loops=1)
 Planning Time: 0.116 ms
 Execution Time: 0.365 ms
(4 rows)
```

Учитывая стоимость планирования, отказ от использования JIT вполне обоснован, так как стоимость JIT-компиляции оказалась бы больше, чем выигрыш от оптимизации. Если уменьшить ограничение стоимости, JIT будет использоваться:

```
=# SET jit_above_cost = 10;
SET
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT SUM(relpages) FROM pg_class;
                                         QUERY PLAN
-----
Aggregate  (cost=16.27..16.29 rows=1 width=8) (actual time=6.049..6.049 rows=1
 loops=1)
   -> Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..15.42 rows=342 width=4) (actual
 time=0.019..0.052 rows=356 loops=1)
 Planning Time: 0.133 ms
 JIT:
   Functions: 3
   Options: Inlining false, Optimization false, Expressions true, Deforming true
   Timing: Generation 1.259 ms, Inlining 0.000 ms, Optimization 0.797 ms, Emission
 5.048 ms, Total 7.104 ms
 Execution Time: 7.416 ms
```

В данном случае видно, что JIT используется, но встраивание (Inlining) и дорогостоящие оптимизации (Optimization) не выполнялись. Чтобы их включить, помимо `jit_above_cost` нужно было также уменьшить `jit_inline_above_cost` и `jit_optimize_above_cost`.

32.3. Конфигурация

Переменная конфигурации `jit` определяет, возможно ли использование JIT-компиляции. Если она включена, переменные `jit_above_cost`, `jit_inline_above_cost` и `jit_optimize_above_cost` определяют, будет ли выполняться JIT-компиляция для запросов, и насколько ресурсоёмкой она может быть.

Параметр `jit_provider` определяет, какая реализация JIT-компиляции должна использоваться. Изменять его может потребоваться лишь в редких случаях. См. Подраздел 32.4.2.

Для целей отладки и разработки предназначен ряд дополнительных параметров конфигурации, описанных в Разделе 19.17.

32.4. Расширяемость

32.4.1. Поддержка встраивания кода для расширений

Механизм JIT в PostgreSQL может встраивать в код реализации функций (типа `C` и `internal`), а также операторов, использующих эти функции. Чтобы это встраивание выполнялось для функций в расширениях, должно быть доступно определение этих функций. При сборке с использованием PGXS расширения для сервера, скомпилированного с JIT-поддержкой LLVM, соответствующие файлы будут собираться и устанавливаться автоматически.

Соответствующие файлы должны устанавливаться в `$pkglibdir/bitcode/$extension/`, а информация о них должна вноситься в `$pkglibdir/bitcode/$extension.index.bc`, где `$pkglibdir` — каталог, который выдаёт команда `pg_config --pkglibdir`, а `$extension` — базовое имя разделяемой библиотеки данного расширения.

Примечание

Для функций, встроенных в PostgreSQL, двоичный код устанавливается в `$pkglibdir/bitcode/postgres`.

32.4.2. Подключаемые провайдеры JIT

PostgreSQL предоставляет реализацию JIT на базе LLVM. Интерфейс JIT предусматривает динамическое подключение провайдера и позволяет менять провайдер без перекомпиляции (хотя в настоящее время при сборке предоставляется поддержка встраивания только для LLVM). Провайдер выбирается параметром `jit_provider`.

32.4.2.1. Интерфейс провайдера JIT

Провайдер JIT загружается путём динамической загрузки заданной разделяемой библиотеки. Для поиска её используется обычный путь поиска библиотек. Чтобы предоставить требуемые функции-обработчики провайдера JIT и показать, что библиотека является реализацией провайдера JIT, она должна содержать функцию, имеющую в `C` имя `_PG_jit_provider_init`. Этой функции передаётся структура, которую нужно заполнить указателями на функции-обработчики определённых действий.

```
struct JitProviderCallbacks
{
    JitProviderResetAfterErrorCB reset_after_error;
    JitProviderReleaseContextCB release_context;
    JitProviderCompileExprCB compile_expr;
};

extern void _PG_jit_provider_init(JitProviderCallbacks *cb);
```

Глава 33. Регрессионные тесты

Регрессионные тесты представляют собой полный набор проверок реализации SQL в PostgreSQL. Они тестируют как стандартные SQL-операции, так и расширенные возможности PostgreSQL.

33.1. Выполнение тестов

Регрессионное тестирование можно выполнять как на уже установленном и работающем сервере, так и используя временную инсталляцию внутри дерева сборки. Более того, существуют «параллельный» и «последовательный» режимы тестирования. Последовательный метод выполняет каждый сценарий теста отдельно, тогда как параллельный метод запускает несколько процессов на сервере с тем, чтобы выполнить определённый набор тестов параллельно. Параллельное тестирование позволяет с уверенностью утверждать, что межпроцессное взаимодействие и блокировки работают корректно.

33.1.1. Запуск тестов на временной инсталляции

Чтобы запустить параллельное регрессионное тестирование после сборки, но до инсталляции, наберите:

```
make check
```

в каталоге верхнего уровня. (Или, как вариант, вы можете перейти в `src/test/regress` и выполнить команду там.) По завершении процесса вы должны увидеть нечто вроде:

```
=====
All 115 tests passed.
=====
```

или список тестов, не пройденных успешно. Прочитайте Раздел 33.2, прежде чем делать вывод о серьёзности выявленных «проблем».

Поскольку данный метод тестирования выполняется на временном сервере, он не будет работать, если вы выполняете сборку под пользователем `root`, сервер просто не запустится из под `root`. Рекомендуется не делать сборку под пользователем `root`, если только вы не собираетесь проводить тестирование после завершения инсталляции.

Если вы сконфигурировали PostgreSQL для инсталляции в месте, где уже установлена предыдущая версия PostgreSQL, и вы выполняете `make check` до инсталляции новой версии, вы можете столкнуться с тем, что тестирование завершится со сбоем, поскольку новая программа будет пытаться использовать уже установленные общие библиотеки. (Типичные симптомы - жалобы на неопределённые символы.) Если вы хотите провести тестирование до перезаписи старой инсталляции, вам необходимо проводить построение с `configure --disable-rpath`. Однако этот вариант не рекомендуется для окончательной инсталляции.

Параллельное регрессионное тестирование запускает довольно много процессов под вашим именем пользователя. В настоящее время возможный максимум параллельной обработки составляет двадцать параллельных тестовых сценариев, а это означает сорок процессов: это и серверный процесс, и `psql` процесс для каждого тестового сценария. Поэтому если ваша система устанавливает ограничения на количество процессов для каждого пользователя, имеет смысл уточнить, что ваш лимит составляет не меньше пятидесяти процессов или около того. В противном случае вы столкнетесь с кажущимися случайными сбоями в параллельном тестировании. Если же вы не имеете права увеличить свой лимит процессов, вы можете снизить степень параллелизма установкой параметра `MAX_CONNECTIONS`. Например:

```
make MAX_CONNECTIONS=10 check
```

выполняет не больше десяти тестов параллельно.

33.1.2. Запуск тестов для существующей инсталляции

Чтобы запустить тестирование после инсталляции (см. Главу 16), инициализируйте кластер баз данных и запустите сервер, как показано в Главе 18, потом введите:

```
make installcheck
```

или для параллельного тестирования:

```
make installcheck-parallel
```

Тестовые сценарии будут соединяться с сервером на локальном компьютере с номером порта по умолчанию, если иное не задано переменными среды `PGHOST` и `PGPORT`. Тестирование будет проведено в базе данных `regression`; любая существующая база с таким именем будет удалена.

Также тесты будут создавать случайные объекты общие для кластера, такие как роли и пользователи. Имена этих объектов будут начинаться с `regress_`. Опасайтесь использования режима `installcheck` там, где пользователи или табличные пространства могут иметь такие имена.

33.1.3. Дополнительные пакеты тестов

Команды `make check` и `make installcheck` запускают только «основные» регрессионные тесты, которые проверяют встроенную функциональность сервера PostgreSQL. Исходный дистрибутив также содержит дополнительные возможности тестирования, большая часть которых имеет дело с дополнительной функциональностью, такой, как, например, дополнительные процедурные языки.

Чтобы запустить пакет тестов (включая основные) применительно к модулям, выбранным для построения, наберите одну из этих команд в каталоге верхнего уровня дерева сборки:

```
make check-world  
make installcheck-world
```

Эти команды запускают тестирование используя временный сервер или уже установленный сервер, в соответствии с данным выше описанием для команд `make check` и `make installcheck`. Остальные детали соответствуют ранее изложенным объяснениям для каждого метода. Необходимо иметь в виду, что команда `make check-world` выстраивает отдельное дерево временной инсталляции для каждого тестируемого модуля, а это требует гораздо больше времени и дискового пространства, нежели команда `make installcheck-world`.

В качестве альтернативного пути можно запустить индивидуальный набор тестов, набрав `make check` или `make installcheck` в подходящем подкаталоге дерева сборки. Имейте в виду, что `make installcheck` предполагает, что вы уже установили соответствующие модули, а не только основной сервер.

Дополнительные тесты, которые можно активизировать таким способом:

- Регрессионные тесты для дополнительных процедурных языков (отличных от PL/pgSQL, который тестируется в рамках основного тестирования). Эти тесты расположены в каталоге `src/pl`.
- Регрессионные тесты для модулей `contrib`, расположенные в каталоге `contrib`. Не для всех модулей из `contrib` существуют тесты.
- Регрессионные тесты для библиотеки ECPG, расположенные в `src/interfaces/ecpg/test`.
- Тесты, для проверки работы одновременного доступа параллельными сессиями, расположенные в `src/test/isolation`.
- Тесты клиентских программ из `src/bin`. См. также Раздел 33.4.

При использовании режима `installcheck` эти тесты удалят все существующие базы данных с именами `pl_regression`, `contrib_regression`, `isolation_regression`, `ecpg1_regression`, `ecpg2_regression`, а также `regression`.

Тесты TAP выполняются только когда PostgreSQL был сконфигурирован с ключом `--enable-tap-tests`. Это рекомендуется для разработки, но если подходящей инсталляции Perl нет, этот ключ можно опустить.

Некоторые комплекты не запускаются по умолчанию — одни потому, что выполнять их в многопользовательской системе небезопасно, а другие потому, что им требуется специальное программное обеспечение. Эти комплекты тестов можно включить дополнительно, присвоив переменной `PG_TEST_EXTRA` (это может быть переменная окружения или скрипта `make`) строку с их списком через пробел, например:

```
make check-world PG_TEST_EXTRA='kerberos ldap ssl'
```

В настоящее время поддерживаются следующие значения:

`kerberos`

Запускает комплект тестов в подкаталоге `src/test/kerberos`. Эти тесты требуют наличия инсталляции MIT Kerberos и открывают сокет TCP/IP для приёма соединений.

`ldap`

Запускает комплект тестов в подкаталоге `src/test/ldap`. Эти тесты требуют наличия инсталляции OpenLDAP и открывают сокет TCP/IP для приёма соединений.

`ssl`

Запускает комплект тестов в подкаталоге `src/test/ssl`. Эти тесты открывают сокет TCP/IP для приёма соединений.

Тесты функциональности, которая не поддерживается в текущей конфигурации сборки, не запускаются, даже если они указаны в `PG_TEST_EXTRA`.

33.1.4. Локаль и кодировка

По умолчанию, тесты, работающие на временной инсталляции, используют локаль, определённую в текущей среде и кодировку базы данных, заданную при выполнении `initdb`. Для тестирования различных локалей может оказаться полезным установить подходящие переменные среды, например:

```
make check LANG=C
make check LC_COLLATE=en_US.utf8 LC_CTYPE=ru_RU.utf8
```

Поддержка переменной `LC_ALL` в этом случае не реализована; все остальные переменные среды, относящиеся к локали, работают.

При тестировании на существующей инсталляции, локаль определяется имеющимся кластером базы данных и не может быть изменена для выполнения теста.

Вы можете задать кодировку базы данных в переменной `ENCODING`, например:

```
make check LANG=C ENCODING=EUC_JP
```

Установка кодировки базы данных таким образом имеет смысл только для локали C; в противном случае кодировка определяется автоматически из локали, и установка кодировки, не соответствующей локали, приведёт к ошибке.

Кодировка базы данных может быть установлена как для тестирования на временной, так и на существующей инсталляции, хотя в последнем случае она должна быть совместимой с локалью этой инсталляции.

33.1.5. Специальные тесты

Пакет основных регрессионных тестов содержит несколько тестовых файлов, которые не запускаются по умолчанию, поскольку они могут зависеть от платформы или выполняться слишком долго.

Вы можете запустить те или иные дополнительные тесты, задав переменную `EXTRA_TESTS`. Например, запустить тест `numeric_big`:

```
make check EXTRA_TESTS=numeric_big
```

Запустить тесты сортировки:

```
make check EXTRA_TESTS='collate.icu.utf8 collate.linux.utf8' LANG=en_US.utf8
```

Тест `collate.linux.utf8` работает только на платформе `Linux/glibc`. Тест `collate.icu.utf8` работает только в сборках с поддержкой ICU. Оба теста будут выполнены успешно только в базе данных с кодировкой UTF-8.

33.1.6. Тестирование сервера горячего резерва

Исходный дистрибутив также содержит регрессионные тесты для статического поведения сервера горячего резерва. Для выполнения тестов требуется работающий ведущий сервер и работающий резервный, принимающий новые записи WAL от ведущего (с использованием либо трансляции файлов журналов, либо потоковой репликации). Эти серверы не создаются автоматически, также как и настройка репликации здесь не описана. Пожалуйста, сверьтесь с соответствующими разделами документации.

Для запуска тестов сервера горячего резерва необходимо создать базу данных `regression` на ведущем сервере:

```
psql -h primary -c "CREATE DATABASE regression"
```

Затем, на ведущем сервере в базе данных `regression` запустите предварительный скрипт `src/test/regress/sql/hs_primary_setup.sql`. Например:

```
psql -h primary -f src/test/regress/sql/hs_primary_setup.sql regression
```

Убедитесь, что эти изменения распространились на резервный сервер.

Теперь, для выполнения теста, настройте, чтобы подключение по умолчанию выполнялось к резервному серверу (например, задав переменные среды `PGHOST` и `PGPORT`). И, наконец, запустите `make standbycheck` в каталоге регрессионных тестов:

```
cd src/test/regress
make standbycheck
```

Чтобы протестировать работу резервного сервера в некоторых экстремальных условиях, эти условия можно получить на главном, воспользовавшись скриптом `src/test/regress/sql/hs_primary_extremes.sql`.

33.2. Оценка результатов тестирования

Некоторые правильно установленные и полностью функциональные PostgreSQL инсталляции могут «давать сбой» при прохождении некоторых регрессионных тестов из-за особенностей, присущих той или иной платформе, таких как различное представление чисел с плавающей запятой и формулировкой сообщений. В настоящее время результаты тестов оцениваются простым `diff` сравнением с выводом, сделанным в эталонной системе, поэтому результаты чувствительны к небольшим отличиям между системами. Когда тест завершается со «сбоем», всегда исследуйте разницу между ожидаемым и полученным результатом; возможно, вы обнаружите, что разница не столь уж существенна. Тем не менее, мы стремимся поддерживать эталонные файлы на всех поддерживаемых платформах, чтобы можно было ожидать прохождения всех тестов.

Актуальные итоговые результаты регрессионного тестирования хранятся в каталоге `src/test/regress/results`. Тестовый скрипт использует команду `diff`, чтобы сравнить каждый итоговый файл с ожидаемыми результатами, которые хранятся в каталоге `src/test/regress/expected`. Все различия сохраняются в `src/test/regress/regression.diffs` для последующей проверки. (Если проводился тест не из основного пакета, то его результаты появятся в соответствующем подкаталоге, а не в `src/test/regress`.)

Если вам не нравится используемая по умолчанию команда `diff`, установите переменную среды `PG_REGRESS_DIFF_OPTS`, например `PG_REGRESS_DIFF_OPTS='-u'`. (Или, если хотите, запустите `diff` самостоятельно.)

Если по какой-то причине какая-то конкретная платформа генерирует «сбой» для отдельного теста, но изучение его результата убеждает вас, что результат правильный, вы можете добавить новый файл сравнения, чтобы замаскировать отчёт об ошибке для последующего прохождения теста. За подробностями обратитесь к Разделу 33.3.

33.2.1. Различия в сообщениях об ошибке

Некоторые регрессионные тесты подставляют заведомо неверные входные значения. Сообщения об ошибке могут выдаваться как PostgreSQL, так и самой операционной системой. В последнем случае, форма сообщений может отличаться в зависимости от платформы, но отражают они одну и ту же информацию. Вот эта разница в сообщениях и приводит к «сбоям» регрессионного теста, которые можно устранить при проверке.

33.2.2. Разница локалей

Если вы проводите тестирование на сервере, который был установлен с локалью, имеющей порядок сопоставления, отличный от C, вы можете столкнуться с различиями в порядке сортировки и, как следствие, с последующими сбоями. Пакет регрессионных тестов решает эту проблему путём наличия альтернативных файлов результата, которые способны справиться с большим количеством локалей.

Если вы используете метод тестирования на временной инсталляции, то чтобы запустить тестирование на другой локали, используйте подходящую переменную среды, относящуюся к локали, в командной строке `make`, например:

```
make check LANG=de_DE.utf8
```

(Драйвер регрессионного теста обнуляет `LC_ALL`, поэтому выбор локали посредством данной переменной не работает.) Чтобы не использовать локаль, либо обнулите все переменные среды, относящиеся к локали, либо установите их в C) или используйте следующую специальную команду:

```
make check NO_LOCALE=1
```

Когда тест проходит на существующей инсталляции, установки локали определяются этой инсталляцией. Чтобы это изменить, инициализируйте кластер базы данных с иной локалью, передав соответствующие параметры `initdb`.

В целом, рекомендуется по возможности проводить регрессионные тесты при таких установках локали, которые будут использованы в работе, тогда в результате тестирования будут проверены актуальные участки кода, относящиеся к локали и кодировке. В зависимости от окружения операционной системы, вы можете столкнуться со сбоями, но вы хотя бы будете знать, какого поведения локали можно ожидать при работе с реальными приложениями.

33.2.3. Разница в дате и времени

Большая часть результатов проверки даты и времени зависит от часового пояса окружения. Эталонные файлы созданы для пояса `PST8PDT` (Беркли, Калифорния), поэтому если проводить тесты не с этим часовым поясом, проявятся мнимые ошибки. Драйвер регрессионного теста задаёт переменную среды `PGTZ` как `PST8PDT`, что позволяет получить корректный результат.

33.2.4. Разница в числах с плавающей запятой

Некоторые тесты применяют 64-битное вычисление чисел с плавающей запятой (`double precision`) из столбцов таблицы. Наблюдаются различия в результатах при использовании математических функций для столбцов `double precision`. Тесты `float8` и `geometry` особенно чувствительны к небольшим различиям между платформами и даже режимами оптимизации компилятора. Чтобы понять реальную значимость этих различий, нужно сравнить их глазами, поскольку обычно они располагаются с десятого разряда справа от десятичной точки.

Некоторые системы показывают минус ноль как `-0`, тогда как другие показывают просто `0`.

Некоторые системы сигнализируют об ошибках в `row()` и `exp()` не так, как ожидает текущий код PostgreSQL.

33.2.5. Разница в сортировке строк

Иногда наблюдаются различия в том, что одни и те же строки выводятся в ином порядке, нежели в контрольном файле. В большинстве случаев это не является, строго говоря, ошибкой. Основная часть скриптов регрессионных тестов не столь педантична, чтобы использовать `ORDER BY` для каждого `SELECT`, и поэтому в результате порядок строк не гарантирован согласно спецификации SQL. На практике мы видим, как одинаковые запросы, выполняемые для одних и тех же данных на одном и том же программном обеспечении, выдают результаты в одинаковом порядке для всех платформ, в связи с чем отсутствие `ORDER BY` не является проблемой. Однако некоторые запросы выявляют межплатформенные различия в сортировке. Когда тестирование идет на уже установленном сервере, различия в сортировке могут быть следствием того, что локаль установлена в отличное от `C` значение, или некоторые параметры заданы не по умолчанию, такие как `work_mem` или стоимостные параметры планировщика.

Поэтому, если вы видите различия в сортировке строк, не стоит волноваться, если только запрос не использует `ORDER BY`. Тем не менее, сообщайте нам о таких случаях, чтобы мы могли добавить `ORDER BY` в конкретный запрос, чтобы исключить возможность ошибки в будущих релизах.

Вы можете задать вопрос, почему мы явно не добавили `ORDER BY` во все запросы регрессионных тестов, чтобы избавиться от таких ошибок раз и навсегда. Причина в том, что это снизит полезность регрессионных тестов, поскольку они будут иметь тенденцию к проверке планов запросов использующих сортировку, за счёт исключения запросов без сортировки.

33.2.6. Недостаточная глубина стека

Если ошибки теста приводят к поломке сервера при выполнении команды `select infinite_recurse()`, это означает, что предел платформы для размера стека меньше, чем показывает параметр `max_stack_depth`. Проблема может быть решена запуском сервера с большим размером стека (рекомендованное значение `max_stack_depth` по умолчанию - 4 Мб). Если вы не можете этого сделать, в качестве альтернативы уменьшите значение `max_stack_depth`.

На платформах, поддерживающих функцию `getrlimit()`, сервер должен автоматически выбирать значение переменной `max_stack_depth`; поэтому, если вы не переписывали это значение вручную, сбой такого типа — просто дефект, который нужно зарегистрировать.

33.2.7. Тест «случайных значений»

Тестовый скрипт `random` подразумевает получение случайных значений. В очень редких случаях это приводит к сбоям в регрессионном тестировании. Выполнение

```
diff results/random.out expected/random.out
```

должно выводить одну или несколько строк различий. Нет причин для беспокойства, до тех пор пока сбой в этом тесте не повторяется постоянно.

33.2.8. Параметры конфигурации

Когда тестирование проходит на существующей инсталляции, некоторые нестандартные значения параметров могут привести к сбоям в тесте. Например, изменение таких параметров конфигурации, как `enable_seqscan` или `enable_indexscan` могут привести к такому изменению системы, которое сможет воздействовать на результаты тестов, использующих `EXPLAIN`.

33.3. Вариативные сравнительные файлы

Поскольку некоторые тесты по сути выдают результаты, зависящие от окружения, мы предлагаем несколько вариантов «ожидаемых» файлов результата. Каждый регрессионный тест может иметь

несколько сравнительных файлов, показывающих возможные результаты на разных платформах. Существует два независимых механизма для определения, какой именно сравнительный файл будет выбран для каждого теста.

Первый механизм позволяет выбирать сравнительный файл для конкретной платформы. Есть файл сопоставления `src/test/regress/resultmap`, в котором определяется, какой сравнительный файл выбирать для каждой платформы. Чтобы устранить ложные «сбои» тестирования для конкретной платформы, для начала вы должны выбрать или создать вариант сравнительного файла, а потом добавить строку в файл `resultmap`.

Каждая строка в файле сопоставления выглядит как

```
testname:output:platformpattern=comparisonfilename
```

Имя теста (`testname`) здесь - просто название конкретного модуля регрессионного теста. Значение `output` показывает, вывод какого файла проверять. Для стандартного регрессионного теста это всегда `out`. Значение соответствует расширению выходного файла. `platformpattern` представляет собой шаблон в стиле Unix-утилиты `expr` (т. е. регулярное выражение с неявным `^` якорем в начале). Этот шаблон сравнивается с именем платформы, которое выводится из `config.guess`. `comparisonfilename` это имя сравнительного файла, который будет использован.

Например: некоторые системы интерпретируют очень маленькие числа с плавающей запятой как ноль, а не как ошибку потери значимости. Это приводит к разночтениям в регрессионных тестах для `float8`. Поэтому мы предлагаем вариант сравнительного файла `float8-small-is-zero.out`, который включает в себя результат, ожидаемый для таких систем. Чтобы замаскировать сообщение о ложном «сбое» на платформе OpenBSD, файл `resultmap` включает в себя:

```
float8:out:i.86-.*-openbsd=float8-small-is-zero.out
```

который сработает на любой машине, где выходное значение `config.guess` соответствует `i.86-.*-openbsd`. Другие строки в `resultmap` выбирают вариант сравнительного файла для других платформ, если это целесообразно.

Второй механизм выбора более автоматический: он просто выбирает «подходящую пару» из нескольких предлагаемых сравнительных файлов. Драйвер скрипта регрессионного теста рассматривает стандартный сравнительный файл для теста, `testname.out`, вариативный файл `testname_digit.out` (где `digit` любое одиночное число от 0 до 9). Если какой-нибудь из этих файлов полностью совпадает, тест считается пройденным. В противном случае, для отчёта об ошибке выбирается файл с наименьшим различием. (Если `resultmap` включает вводные для конкретного теста, то в этом случае `testname` подменное имя, взятое из файла `resultmap`.)

Например, для теста `char` сравнительный файл `char.out` содержит результаты, ожидаемые для локалей C и POSIX, тогда как файл `char_1.out` содержит результаты, характерные для многих других локалей.

Механизм "лучшей пары" был разработан, чтобы справляться с результатами, зависящими от локали, но он может применяться в любой ситуации, когда сложно предсказать результаты, исходя только из названия платформы. Ограниченность этого метода проявляется лишь в том, что драйвер теста не может сказать, какой вариант правилен для данного окружения; просто выбирается вариант, который кажется наиболее подходящим. Поэтому безопаснее всего использовать этот метод только для вариативных результатов, которые вы хотели бы видеть одинаково надёжными для любого контекста.

33.4. Тесты TAP

Различные тесты, особенно тесты клиентских программ в `src/bin`, используют инструменты Perl TAP и запускаются программой тестирования Perl `prove`. Вы можете передать аргументы командной строки команде `prove`, установив для `make` переменную `PROVE_FLAGS`, например:

```
make -C src/bin check PROVE_FLAGS='--timer'
```

За дополнительными сведениями обратитесь к странице руководства по `prove`.

В переменной `PROVE_TESTS`, которую воспринимает `make`, может быть указан список разделённых пробелами путей, заданных относительно расположения `Makefile`, вызывающего `prove`. Этот список определяет подмножество тестов для выполнения, вместо всех по умолчанию (`t/*.pl`). Например:

```
make check PROVE_TESTS='t/001_test1.pl t/003_test3.pl'
```

Тесты на базе TAP требуют модуля `Perl IPC::Run`. Этот модуль доступен из CPAN или операционной системы.

33.5. Проверка покрытия теста

Исходный код PostgreSQL может быть скомпилирован с инструментарием для теста покрытия, так что можно проверить, какие части кода покрывает регрессионное тестирование или любое другое тестирование, запускаемое относительно кода. В настоящее время эта возможность поддерживается в сочетании с компиляцией с GCC и требует наличия `gcov` и `lcov` программ.

Типичный рабочий процесс выглядит так:

```
./configure --enable-coverage ... OTHER OPTIONS ...  
make  
make check # или другой комплект тестов  
make coverage-html
```

Затем откройте в своём HTML-браузере страницу `coverage/index.html`. Команды `make` работают и в подкаталогах.

Если у вас нет программы `lcov` или вы предпочитаете HTML-отчёту текстовый формат, вы можете также выполнить

```
make coverage
```

вместо `make coverage-html` и получить выходные файлы `.gcov` для каждого исходного файла, относящегося к тесту. (Команды `make coverage` и `make coverage-html` перезаписывают файлы друг друга, поэтому при одновременном их использовании может возникнуть путаница.)

Чтобы обнулить подсчёт выполнений между тестами, запустите:

```
make coverage-clean
```

Часть IV. Клиентские интерфейсы

В этой части документации описываются клиентские программные интерфейсы, включённые в дистрибутив PostgreSQL. Все включённые в неё главы можно читать по отдельности. Заметьте, что существует множество других программных интерфейсов, со своей документацией (некоторые наиболее популярные перечислены в Приложении H). Для изучения этой части нужно уметь работать с базой данных, используя команды SQL (см. Часть II), и, конечно же, знать язык программирования, на который ориентирован определённый интерфейс.

Глава 34. libpq — библиотека для языка C

libpq — это интерфейс PostgreSQL для программирования приложений на языке C. Библиотека libpq содержит набор функций, используя которые клиентские программы могут передавать запросы серверу PostgreSQL и принимать результаты этих запросов.

libpq также является базовым механизмом для нескольких других прикладных интерфейсов PostgreSQL, включая те, что написаны для C++, Perl, Python, Tcl и ECPG. Поэтому некоторые аспекты поведения libpq будут важны для вас, если вы используете один из этих пакетов. В частности, Раздел 34.14, Раздел 34.15 и Раздел 34.18 описывают поведение, видимое пользователю любого приложения, использующего libpq.

В конце этой главы включены короткие программы (Раздел 34.21), показывающие, как писать программы, которые используют libpq. В каталоге `src/test/examples` дистрибутивного комплекта исходных текстов приведено несколько завершённых примеров приложений libpq.

Клиентские программы, которые используют libpq, должны включать заголовочный файл `libpq-fe.h` и должны компоноваться с библиотекой libpq.

34.1. Функции управления подключением к базе данных

Следующие функции имеют дело с созданием подключения к серверу PostgreSQL. Прикладная программа может иметь несколько подключений к серверу, открытых одновременно. (Одна из причин этого заключается в необходимости доступа к более чем одной базе данных.) Каждое соединение представляется объектом `PGconn`, который можно получить от функций `PQconnectdb`, `PQconnectdbParams` или `PQsetdbLogin`. Обратите внимание, что эти функции всегда возвратят ненулевой указатель на объект, если только, возможно, не осталось слишком мало памяти даже для того, чтобы выделить её для объекта `PGconn`. Прежде чем передавать запросы через объект подключения, следует вызвать функцию `PQstatus` для проверки возвращаемого значения в случае успешного подключения.

Предупреждение

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Для этого можно присвоить параметру с ключом `options` значение `-csearch_path=`. Также можно выполнить `PQexec(соединение, "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)")` после подключения. Это касается не только `psql`, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

Предупреждение

В системе Unix создание дочернего процесса на основе процесса, уже имеющего открытые подключения с помощью libpq, может привести к непредсказуемым результатам, потому что родительский и дочерний процессы совместно используют одни и те же сокеты и ресурсы операционной системы. По этой причине подобный подход не рекомендуется. Однако использование системного вызова `exec` из дочернего процесса для загрузки нового исполняемого файла является безопасным.

Примечание

В системе Windows существует способ повышения производительности, при котором единственное соединение с базой данных повторно стартует и останавливается. На

внутреннем уровне libpq вызывает `WSAStartup()` и `WSACleanup()` для старта и остановки соединения соответственно. `WSAStartup()` увеличивает на единицу внутренний счётчик ссылок в библиотеке Windows, который уменьшается на единицу при вызове `WSACleanup()`. Когда счётчик ссылок равен единице, вызов `WSACleanup()` освобождает все ресурсы, и все библиотеки DLL выгружаются. Это дорогостоящая операция. Для её избежания приложение может "вручную" вызвать `WSAStartup()`, чтобы ресурсы не были освобождены, когда закрыто последнее соединение с базой данных.

PQconnectdbParams

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQconnectdbParams(const char * const *keywords,
                          const char * const *values,
                          int expand_dbname);
```

Эта функция открывает новое соединение с базой данных, используя параметры, содержащиеся в двух массивах, завершающихся символом `NULL`. Первый из них, `keywords`, определяется как массив строк, каждая из которых представляет собой ключевое слово. Второй, `values`, даёт значение для каждого ключевого слова. В отличие от `PQsetdbLogin`, описываемой ниже, набор параметров может быть расширен без изменения сигнатуры функции, поэтому использование данной функции (или её неблокирующих аналогов `PQconnectStartParams` и `PQconnectPoll`) является предпочтительным при разработке новых приложений.

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, приведены в Подразделе 34.1.2.

Когда `expand_dbname` имеет ненулевое значение, тогда в качестве значения, соответствующего ключевому слову `dbname`, может быть указана строка подключения. Только первый экземпляр `dbname` расширяется таким образом, а все последующие значения `dbname` будут обработаны как обычные имена базы данных. Дополнительные сведения о возможных форматах строки подключения можно найти в Подразделе 34.1.1.

Передаваемые массивы могут быть пустыми. В этом случае используются все параметры по умолчанию. Массивы могут также содержать один или более элементов и должны быть согласованы по длине. Обработка прекращается, когда найден первый элемент со значением `NULL` в массиве `keywords`.

Если какой-либо параметр имеет значение `NULL` или содержит пустую строку, проверяется значение соответствующей переменной окружения (см. Раздел 34.14). Если и переменная окружения не установлена, используется встроенное значение по умолчанию.

В общем случае ключевые слова обрабатываются в индексном порядке, начиная с начала этих массивов. Вследствие такого подхода, когда ключевые слова повторяются, сохраняется последнее обработанное значение. Следовательно, за счёт соответствующего расположения ключевого слова `dbname` можно регулировать, что может быть переопределено строкой `conninfo`, а что не может.

PQconnectdb

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQconnectdb(const char *conninfo);
```

Эта функция открывает новое соединение с базой данных, используя параметры, полученные из строки `conninfo`.

Передаваемая строка может быть пустой. В этом случае используются все параметры по умолчанию. Она также может содержать одно или более значений параметров, разделённых пробелами, или URI. За подробностями обратитесь к Подразделу 34.1.1.

PQsetdbLogin

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQsetdbLogin(const char *pghost,  
                    const char *pgport,  
                    const char *pgoptions,  
                    const char *pgtty,  
                    const char *dbName,  
                    const char *login,  
                    const char *pwd);
```

Это предшественница функции `PQconnectdb` с фиксированным набором параметров. Она имеет такую же функциональность, за исключением того, что переданные параметры всегда принимают значения по умолчанию. Подставьте `NULL` или пустую строку в качестве любого из фиксированных параметров, которые должны принять значения по умолчанию.

Если параметр `dbName` содержит знак `=` или имеет допустимый префикс URI для подключения, то он воспринимается в качестве строки `conninfo` точно таким же образом, как если бы он был передан функции `PQconnectdb`, а оставшиеся параметры затем применяются, как указано для `PQconnectdbParams`.

PQsetdb

Создаёт новое подключение к серверу баз данных.

```
PGconn *PQsetdb(char *pghost,  
               char *pgport,  
               char *pgoptions,  
               char *pgtty,  
               char *dbName);
```

Это макрос, который вызывает `PQsetdbLogin` с нулевыми указателями в качестве значений параметров `login` и `pwd`. Обеспечивает обратную совместимость с очень старыми программами.

PQconnectStartParams**PQconnectStart****PQconnectPoll**

Создают подключение к серверу баз данных неблокирующим способом.

```
PGconn *PQconnectStartParams(const char * const *keywords,  
                            const char * const *values,  
                            int expand_dbname);
```

```
PGconn *PQconnectStart(const char *conninfo);
```

```
PostgresPollingStatusType PQconnectPoll(PGconn *conn);
```

Три эти функции используются для того, чтобы открыть подключение к серверу баз данных таким образом, чтобы поток исполнения вашего приложения не был заблокирован при выполнении удалённой операции ввода/вывода в процессе подключения. Суть этого подхода в том, чтобы ожидание завершения операций ввода/вывода могло происходить в главном цикле приложения, а не в внутри функций `PQconnectdbParams` или `PQconnectdb`, с тем, чтобы приложение могло управлять этой операцией параллельно с другой работой.

С помощью функции `PQconnectStartParams` подключение к базе данных выполняется, используя параметры, взятые из массивов `keywords` и `values`, а управление осуществляется с помощью `expand_dbname`, как описано выше для `PQconnectdbParams`.

С помощью функции `PQconnectStart` подключение к базе данных выполняется, используя параметры, взятые из строки `conninfo`, как описано выше для `PQconnectdb`.

Ни `PQconnectStartParams`, ни `PQconnectStart`, ни `PQconnectPoll` не заблокируются до тех пор, пока выполняется ряд ограничений:

- Параметр `hostaddr` должен использоваться так, чтобы для разрешения заданного имени не требовалось выполнять запросы DNS. Подробнее этот параметр описан в Подразделе 34.1.2.
- Если вы вызываете `PQtrace`, обеспечьте, чтобы поток, в который выводится трассировочная информация, не заблокировался.
- Перед вызовом `PQconnectPoll` вы должны перевести сокет в соответствующее состояние, как описано ниже.

Чтобы начать неблокирующий запрос на подключение, вызовите `PQconnectStart` или `PQconnectStartParams`. Если результатом будет `null`, значит `libpq` не смогла выделить память для новой структуры `PGconn`. В противном случае возвращается действительный указатель `PGconn` (хотя он ещё не представляет установленное подключение к базе данных). Затем вызовите `PQstatus(conn)`. Если результатом будет `CONNECTION_BAD`, значит попытка подключения уже не будет успешной, возможно, из-за неверных параметров.

Если вызов `PQconnectStart` или `PQconnectStartParams` оказался успешным, теперь нужно опросить `libpq` для продолжения процедуры подключения. Вызовите `PQsocket(conn)` для получения дескриптора нижележащего сокета, через который устанавливается соединение. (Внимание: этот сокет может меняться от вызова к вызову `PQconnectPoll`.) Организуйте цикл таким образом: если `PQconnectPoll(conn)` при последнем вызове возвращает `PGRES_POLLING_READING`, ожидайте, пока сокет не окажется готовым для чтения (это покажет функция `select()`, `poll()` или подобная системная функция). Затем снова вызовите `PQconnectPoll(conn)`. Если же `PQconnectPoll(conn)` при последнем вызове возвратила `PGRES_POLLING_WRITING`, дождитесь готовности сокета к записи, а затем снова вызовите `PQconnectPoll(conn)`. На первой итерации, то есть когда вы ещё не вызывали `PQconnectPoll`, реализуйте то же поведение, что и после получения `PGRES_POLLING_WRITING`. Продолжайте этот цикл, пока `PQconnectPoll(conn)` не выдаст значение `PGRES_POLLING_FAILED`, сигнализирующее об ошибке при установлении соединения, или `PGRES_POLLING_OK`, показывающее, что соединение установлено успешно.

В любое время в процессе подключения его состояние можно проверить, вызвав `PQstatus`. Если этот вызов возвратит `CONNECTION_BAD`, значит, процедура подключения завершилась сбоем; если вызов возвратит `CONNECTION_OK`, значит, соединение готово. Оба эти состояния можно определить на основе возвращаемого значения функции `PQconnectPoll`, описанной выше. Другие состояния могут также иметь место в течение (и только в течение) асинхронной процедуры подключения. Они показывают текущую стадию процедуры подключения и могут быть полезны, например, для предоставления обратной связи пользователю. Вот эти состояния:

`CONNECTION_STARTED`

Ожидание, пока соединение будет установлено.

`CONNECTION_MADE`

Соединение установлено; ожидание отправки.

`CONNECTION_AWAITING_RESPONSE`

Ожидание ответа от сервера.

`CONNECTION_AUTH_OK`

Аутентификация получена; ожидание завершения запуска серверной части.

`CONNECTION_SSL_STARTUP`

Согласование SSL-шифрования.

CONNECTION_SETENV

Согласование значений параметров, зависящих от программной среды.

CONNECTION_CHECK_WRITABLE

Проверка, можно ли через подключение выполнять пишущие транзакции.

CONNECTION_CONSUME

Прочтение всех оставшихся ответных сообщений через подключение.

Заметьте, что, хотя эти константы и сохраняются (для поддержания совместимости), приложение никогда не должно полагаться на то, что они появятся в каком-то конкретном порядке или вообще появятся, а также на то, что состояние всегда примет одно из этих документированных значений. Приложение может сделать что-то наподобие:

```
switch (PQstatus(conn))
{
    case CONNECTION_STARTED:
        feedback = "Подключение...";
        break;

    case CONNECTION_MADE:
        feedback = "Подключён к серверу...";
        break;

    .
    .
    .

    default:
        feedback = "Подключение...";
}
```

Параметр подключения `connect_timeout` игнорируется, когда используется `PQconnectPoll`; именно приложение отвечает за принятие решения о том, является ли истекшее время чрезмерным. В противном случае вызов `PQconnectStart` с последующим вызовом `PQconnectPoll` в цикле будут эквивалентны вызову `PQconnectdb`.

Заметьте, что если функция `PQconnectStart` или `PQconnectStartParams` возвращает ненулевой указатель, вы должны вызвать `PQfinish`, закончив его использование, чтобы освободить полученную структуру и все связанные с ней блоки памяти. Это нужно сделать, даже если попытка подключения не последует или окажется неуспешной.

`PQconnndefaults`

Возвращает значения по умолчанию для параметров подключения.

`PQconninfoOption *PQconnndefaults(void);`

```
typedef struct
{
    char    *keyword;    /* Ключевое слово для данного параметра */
    char    *envvar;     /* Имя альтернативной переменной окружения */
    char    *compiled;   /* Альтернативное значение по умолчанию, назначенное при
компиляции */
    char    *val;        /* Текущее значение параметра или NULL */
    char    *label;      /* Обозначение этого поля в диалоге подключения */
    char    *dispchar;   /* Показывает, как отображать это поле
                        в диалоге подключения. Значения следующие:
                        ""      Отображать введённое значение "как есть"
                        "*"     Поле пароля — скрывать значение
                        "D"     Параметр отладки — не показывать по умолчанию */
}
```

```
int    dispsize; /* Размер поля в символах для диалога */
} PQconninfoOption;
```

Возвращает массив параметров подключения. Он может использоваться для определения всех возможных параметров `PQconnectdb` и их текущих значений по умолчанию. Возвращаемое значение указывает на массив структур `PQconninfoOption`, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель `keyword`. Если выделить память не удалось, то возвращается нулевой указатель. Обратите внимание, что текущие значения по умолчанию (поля `val`) будут зависеть от переменных среды и другого контекста. Отсутствующий или неверный сервисный файл будет молча проигнорирован. Вызывающие функции должны рассматривать данные параметров по умолчанию как "только для чтения".

После обработки массива параметров освободите память, передав его функции `PQconninfoFree`. Если этого не делать, то при каждом вызове функции `PQconnndefaults` будут происходить небольшие "утечки" памяти.

`PQconninfo`

Возвращает параметры подключения, используемые действующим соединением.

```
PQconninfoOption *PQconninfo(PGconn *conn);
```

Возвращает массив параметров подключения. Он может использоваться для определения всех возможных параметров `PQconnectdb` и значений, которые были использованы для подключения к серверу. Возвращаемое значение указывает на массив структур `PQconninfoOption`, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель `keyword`. Все замечания, приведённые выше для `PQconnndefaults`, также справедливы и для результата `PQconninfo`.

`PQconninfoParse`

Возвращает разобранные параметры подключения, переданные в строке подключения.

```
PQconninfoOption *PQconninfoParse(const char *conninfo, char **errormsg);
```

Разбирает строку подключения и возвращает результирующие параметры в виде массива; возвращает `NULL`, если возникают проблемы при разборе строки подключения. Эту функцию можно использовать для извлечения параметров функции `PQconnectdb` из предоставленной строки подключения. Возвращаемое значение указывает на массив структур `PQconninfoOption`, который завершается элементом, имеющим нулевой указатель `keyword`.

Все разрешённые параметры будут присутствовать в результирующем массиве, но `PQconninfoOption` для любого параметра, не присутствующего в строке подключения, будет иметь значение `NULL` в поле `val`; значения по умолчанию не подставляются.

Если `errormsg` не равно `NULL`, тогда в случае успеха `*errormsg` присваивается `NULL`, а в противном случае -- адрес строки сообщения об ошибке, объясняющего проблему. Память для этой строки выделяет функция `malloc`. (Также возможна ситуация, когда `*errormsg` будет установлено в `NULL`, и при этом функция возвращает `NULL`. Это указывает на нехватку памяти.)

После обработки массива параметров освободите память, передав его функции `PQconninfoFree`. Если этого не делать, тогда некоторое количество памяти будет утекать при каждом вызове `PQconninfoParse`. И наоборот, если произошла ошибка и `errormsg` не равно `NULL`, обязательно освободите память, занимаемую строкой сообщения об ошибке, используя `PQfreemem`.

`PQfinish`

Закрывает соединение с сервером. Также освобождает память, используемую объектом `PGconn`.

```
void PQfinish(PGconn *conn);
```

Обратите внимание, что даже если попытка подключения к серверу потерпела неудачу (как показывает `PQstatus`), приложение все равно должно вызвать `PQfinish`, чтобы освободить па-

мать, используемую объектом `PGconn`. Указатель `PGconn` не должен использоваться повторно после того, как была вызвана функция `PQfinish`.

`PQreset`

Переустанавливает канал связи с сервером.

```
void PQreset(PGconn *conn);
```

Эта функция закрывает подключение к серверу, а потом попытается восстановить подключение к тому же серверу, используя все те же параметры, которые использовались прежде. Это может быть полезным для восстановления после ошибки, если работающее соединение оказалось потерянным.

`PQresetStart`

`PQresetPoll`

Переустанавливает канал связи с сервером неблокирующим способом.

```
int PQresetStart(PGconn *conn);
```

```
PostgresPollingStatusType PQresetPoll(PGconn *conn);
```

Эти функции закрывают подключение к серверу, а потом попытаются восстановить подключение к тому же серверу, используя все те же параметры, которые использовались прежде. Это может быть полезным для восстановления после ошибки, если работающее соединение оказалось потерянным. Они отличаются от `PQreset` (см. выше) тем, что действуют неблокирующим способом. На эти функции налагаются те же ограничения, что и на `PQconnectStartParams`, `PQconnectStart` и `PQconnectPoll`.

Чтобы приступить к переустановке подключения, вызовите `PQresetStart`. Если она возвратит 0, переустановка завершилась неудачно. Если она возвратит 1, опросите результат переустановки, используя `PQresetPoll`, точно таким же образом, как если бы вы создавали подключение, используя `PQconnectPoll`.

`PQpingParams`

`PQpingParams` сообщает состояние сервера. Она принимает параметры подключения, идентичные тем, что получает функция `PQconnectdbParams`, описанная выше. Нет необходимости предоставлять корректные имя пользователя, пароль или имя базы данных, чтобы получить состояние сервера. Однако, если предоставлены некорректные значения, сервер занесёт в журнал неудачную попытку подключения.

```
PGPing PQpingParams(const char * const *keywords,
                    const char * const *values,
                    int expand_dbname);
```

Функция возвращает одно из следующих значений:

`PQPING_OK`

Сервер работает и, по-видимому, принимает подключения.

`PQPING_REJECT`

Сервер работает, но находится в состоянии, которое запрещает подключения (запуск, завершение работы или восстановление после аварийного отказа).

`PQPING_NO_RESPONSE`

Контакт с сервером не удался. Это может указывать на то, что сервер не запущен или что-то не в порядке с параметрами данного подключения (например, неверный номер порта), или имеет место проблема с возможностью соединения по сети (например, брандмауэр блокирует запрос на подключение).

PQPING_NO_ATTEMPT

Никакой попытки установить контакт с сервером сделано не было, поскольку предоставленные параметры были явно некорректными, или имела место какая-то проблема на стороне клиента (например, нехватка памяти).

PQping

PQping сообщает состояние сервера. Она принимает параметры подключения, идентичные тем, что получает функция PQconnectdb, описанная выше. Нет необходимости предоставлять корректные имя пользователя, пароль или имя базы данных, чтобы получить состояние сервера. Однако, если предоставлены некорректные значения, сервер занесёт в журнал неудачную попытку подключения.

```
PGPing PQping(const char *conninfo);
```

Возвращаемые значения такие же, как и для PQpingParams.

34.1.1. Строки параметров подключения

Ряд функций libpq разбирают заданную пользователем строку для извлечения параметров подключения. Есть два принятых формата этих строк: простой `ключ = значение` и URI. Строки URI в основном соответствуют *RFC 3986*, но могут содержать также строки подключения с несколькими узлами, как описано ниже.

34.1.1.1. Строки параметров подключения вида "ключ/значение"

Согласно первому формату, установка каждого параметра выполняется в форме `keyword = value`. Пробелы вокруг знака равенства не являются обязательными. Для записи пустого значения или значения, содержащего пробелы, заключите его в одинарные кавычки, например, `keyword = 'a value'`. Одинарные кавычки и символы обратной косой черты внутри значения нужно обязательно экранировать с помощью символа обратной косой черты, т. е., `\'` и `\\`.

Пример:

```
host=localhost port=5432 dbname=mydb connect_timeout=10
```

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, приведены в Подразделе 34.1.2.

34.1.1.2. URI для подключения

Общая форма URI для подключения такова:

```
postgresql://[user[:password]@][netloc][:port][,...][/dbname][?param1=value1&...]
```

В качестве обозначения схемы URI может использоваться либо `postgresql://`, либо `postgres://`. Каждая из частей URI является необязательной. В следующих примерах показано правильное использование синтаксиса URI:

```
postgresql://
postgresql://localhost
postgresql://localhost:5433
postgresql://localhost/mydb
postgresql://user@localhost
postgresql://user:secret@localhost
postgresql://other@localhost/otherdb?connect_timeout=10&application_name=myapp
postgresql://host1:123,host2:456/somedb?target_session_attrs=any&application_name=myapp
```

Компоненты иерархической части URI можно также передавать в виде параметров. Например:

```
postgresql:///mydb?host=localhost&port=5433
```

Для включения символов, имеющих специальное значение, в любой части URI можно применять URL-кодирование (с использованием %), например заменить `=` на `%3D`.

Любые параметры соединения, не соответствующие ключевым словам, приведённым в Подразделе 34.1.2, игнорируются, а предупреждающее сообщение об этом направляется на `stderr`.

Для улучшения совместимости с теми URI, которые служат для подключения через JDBC, все экземпляры параметра `ssl=true` преобразуются в `sslmode=require`.

Сервер можно представить либо доменным именем, либо IP-адресом. При использовании протокола IPv6 нужно заключить адрес в квадратные скобки:

```
postgresql://[2001:db8::1234]/database
```

Компонент "host" интерпретируется в соответствии с описанием параметра `host`. В частности, если этот компонент пуст или начинается с символа косой черты, выбирается соединение через Unix-сокеты, а в противном случае иницируется соединение по TCP/IP. Обратите внимание, однако, что символ косой черты в иерархической части URI является зарезервированным. Поэтому, чтобы указать нестандартный каталог Unix-сокета, нужно поступить одним из двух способов: не задавать сервер в URI и указать сервер в качестве параметра, либо закодировать путь в компоненте "host" с процентами:

```
postgresql:///dbname?host=/var/lib/postgresql
postgresql://%2Fvar%2Flib%2Fpostgresql/dbname
```

В одном URI можно задать несколько компонентов узлов, каждый с необязательным указанием порта. URI вида `postgresql://host1:port1,host2:port2,host3:port3/` равнозначно строке подключения вида `host=host1,host2,host3 port=port1,port2,port3`. Эти узлы будут перебираться по очереди, пока не будет установлено подключение.

34.1.1.3. Указание нескольких узлов

В строке подключения можно задать несколько узлов, к которым клиент будет пытаться подключиться в заданном порядке. Параметры `host`, `hostaddr` и `port` в формате ключ/значение принимают список значений, разделённых запятыми. В каждом параметре должно содержаться одинаковое число элементов, чтобы, например, первый элемент `hostaddr` соответствовал первому элементу `host`, второй — второму `host` и так далее. Исключение составляет `port` — если этот параметр содержит только один элемент, он применяется ко всем узлам.

В формате URI внутри компонента `host` можно указать несколько пар `host:port`, разделённых запятыми.

В любом формате одно имя узла может переводиться в несколько сетевых адресов. Например, часто бывает, что один узел имеет и адрес IPv4, и адрес IPv6.

Когда задаются несколько узлов или когда одно имя узла переводится в несколько адресов, все узлы и адреса перебираются по порядку, пока подключение не будет установлено. Если ни один из адресов не будет доступен, произойдёт сбой подключения. Если подключение устанавливается успешно, но происходит ошибка аутентификации, остальные узлы в списке не перебираются.

Если используется файл паролей, в нём можно задать разные пароли для разных узлов. Все остальные параметры подключения будут одинаковыми для всех узлов; например, нельзя задать для разных узлов различные имена пользователей.

34.1.2. Ключевые слова-параметры

Ключевые слова-параметры, распознаваемые в настоящее время, следующие:

`host`

Имя компьютера для подключения. Если это имя начинается с косой черты, оно выбирает подключение через Unix-сокеты, а не через TCP/IP, и задаёт имя каталога, содержащего файл сокета. По умолчанию, если параметр `host` отсутствует или пуст, выполняется подключение к Unix-сокету в `/tmp` (или в том каталоге сокетов, который был задан при сборке PostgreSQL).

В системах, где Unix-сокеты не поддерживаются, по умолчанию выполняется подключение к `localhost`.

Также принимается разделённый запятыми список имён узлов; при этом данные имена будут перебираться по порядку. Для пустых элементов списка применяется поведение по умолчанию, описанное выше. За подробностями обратитесь к Подразделу 34.1.1.3.

`hostaddr`

Числовой IP-адрес компьютера для подключения. Он должен быть представлен в стандартном формате адресов IPv4, например, `172.28.40.9`. Если ваша машина поддерживает IPv6, вы можете использовать и эти адреса. Связь по протоколу TCP/IP используется всегда, когда в качестве этого параметра передана непустая строка.

Использование `hostaddr` вместо `host` позволяет приложению избежать поиска на сервере имён, что может быть важно для приложений, имеющих ограничения по времени. Однако имя компьютера требуется для методов аутентификации GSSAPI или SSPI, а также для проверки полномочий на основе SSL-сертификатов в режиме `verify-full`. Применяются следующие правила:

- Если адрес `host` задаётся без `hostaddr`, осуществляется разрешение имени. (При использовании `PQconnectPoll` разрешение производится, когда `PQconnectPoll` рассматривает это имя в первый раз, и может заблокировать `PQconnectPoll` на неопределённое время.)
- Если указан `hostaddr`, а `host` не указан, тогда значение `hostaddr` даёт сетевой адрес сервера. Попытка подключения завершится неудачей, если метод аутентификации требует наличия имени компьютера.
- Если указаны как `host`, так и `hostaddr`, тогда значение `hostaddr` даёт сетевой адрес сервера, а значение `host` игнорируется, если только метод аутентификации его не потребует. В таком случае оно будет использоваться в качестве имени компьютера.

Заметьте, что аутентификация может завершиться неудачей, если `host` не является именем сервера с сетевым адресом `hostaddr`. Также заметьте, что когда указывается и `host`, и `hostaddr`, соединение в файле паролей идентифицируется по значению `host` (см. Раздел 34.15).

Также принимается разделённый запятыми список значений `hostaddr`, при этом данные узлы будут перебираться по порядку. Вместо пустого элемента в этом списке будет подставлено имя соответствующего узла или, если и оно не определено, имя узла по умолчанию. За подробностями обратитесь к Подразделу 34.1.1.3.

Если не указаны ни имя компьютера, ни его адрес, `libpq` будет производить подключение, используя локальный Unix-сокет; в системах, не поддерживающих Unix-сокеты, она будет пытаться подключиться к `localhost`.

`port`

Номер порта, к которому нужно подключаться на сервере, либо расширение имени файла сокета для соединений через Unix-сокеты. Если в параметрах `host` или `hostaddr` задано несколько серверов, в данном параметре может задаваться через запятую список портов такой же длины, либо может указываться один номер порта для всех узлов. Пустая строка или пустой элемент в списке через запятую воспринимается как номер порта по умолчанию, установленный при сборке PostgreSQL.

`dbname`

Имя базы данных. По умолчанию оно совпадает с именем пользователя. В определённых контекстах это значение проверяется на соответствие расширенным форматам; см. Подраздел 34.1.1 для получения подробной информации.

`user`

Имя пользователя PostgreSQL, используемое для подключения. По умолчанию используется то же имя, которое имеет в операционной системе пользователь, от лица которого выполняется приложение.

password

Пароль, используемый в случае, когда сервер требует аутентификации по паролю.

passfile

Задаёт имя файла, в котором будут храниться пароли (см. Раздел 34.15). По умолчанию это `~/.pgpass` или `%APPDATA%\postgresql\pgpass.conf` в Microsoft Windows. (Отсутствие этого файла не считается ошибкой.)

connect_timeout

Максимальное время ожидания подключения (задаётся десятичным целым числом, например: 10). При нуле, отрицательном или неопределённом значении ожидание будет бесконечным. Минимальный допустимый тайм-аут равен 2 секундам; таким образом, значение 1 воспринимается как 2. Этот тайм-аут применяется для каждого отдельного IP-адреса или имени сервера. Например, если вы зададите адреса двух серверов и значение `connect_timeout` будет равно 5, тайм-аут при неудачной попытке подключения к каждому серверу произойдёт через 5 секунд, а общее время ожидания подключения может достигать 10 секунд.

client_encoding

Этим устанавливается конфигурационный параметр `client_encoding` для данного подключения. В дополнение к значениям, которые принимает соответствующий параметр сервера, вы можете использовать значение `auto`. В этом случае правильная кодировка определяется на основе текущей локали на стороне клиента (в системах Unix это переменная системного окружения `LC_CTYPE`).

options

Задаёт параметры командной строки, которые будут отправлены серверу при установлении соединения. Например, значение `-c geo=off` установит для параметра сеанса `geo` значение `off`. Пробелы в этой строке считаются разделяющими аргументы командной строки, если только перед ними не стоит обратная косая черта (`\`); чтобы записать собственно обратную косую черту, её нужно продублировать (`\\`). Подробное описание возможных параметров можно найти в Главе 19.

application_name

Устанавливает значение для конфигурационного параметра `application_name`.

fallback_application_name

Устанавливает альтернативное значение для конфигурационного параметра `application_name`. Это значение будет использоваться, если для параметра `application_name` не было передано никакого значения с помощью параметров подключения или переменной системного окружения `PGAPPNAME`. Задание альтернативного имени полезно для универсальных программ-утилит, которые желают установить имя приложения по умолчанию, но позволяют пользователю изменить его.

keepalives

Управляет использованием сообщений `keepalive` протокола TCP на стороне клиента. Значение по умолчанию равно 1, что означает использование сообщений. Вы можете изменить его на 0, если эти сообщения не нужны. Для соединений, установленных через Unix-сокеты, этот параметр игнорируется.

keepalives_idle

Управляет длительностью периода отсутствия активности, выраженного числом секунд, по истечении которого TCP должен отправить сообщение `keepalive` серверу. При значении 0 действует системное значение. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных че-

рез Unix-сокеты, или если сообщения `keepalive` отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPIDLE` или равнозначный, и в Windows; в других системах он не оказывает влияния.

`keepalives_interval`

Управляет количеством секунд, по прошествии которых сообщение `keepalive` протокола TCP, получение которого не подтверждено сервером, должно быть отправлено повторно. При значении 0 действует системное значение. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты, или если сообщения `keepalive` отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPINTVL` или равнозначный, и в Windows; в других системах он не оказывает влияния.

`keepalives_count`

Управляет количеством сообщений `keepalive` протокола TCP, которые могут быть потеряны, прежде чем соединение клиента с сервером будет признано неработающим. Нулевое значение этого параметра указывает, что будет использоваться системное значение по умолчанию. Этот параметр игнорируется для соединений, установленных через Unix-сокеты, или если сообщения `keepalive` отключены. Он поддерживается только в системах, воспринимающих параметр сокета `TCP_KEEPCNT` или равнозначный; в других системах он не оказывает влияния.

`tty`

Игнорируется (прежде он указывал, куда направить вывод отладочных сообщений сервера).

`replication`

Этот параметр определяет, должно ли подключение использовать протокол репликации вместо обычного протокола. Этот вариант используют внутри механизмы репликации PostgreSQL и такие средства, как `pg_basebackup`, но он может также применяться и сторонними приложениями. За подробным описанием протокола репликации обратитесь к Разделу 53.4.

Поддерживаются следующие значения этого параметра, без учёта регистра:

`true, on, yes, 1`

Подключение осуществляется в режиме физической репликации.

`database`

Подключение осуществляется в режиме логической репликации, целевая база данных задаётся параметром `dbname`.

`false, off, no, 0`

Подключение выполняется в обычном режиме; это поведение по умолчанию.

В режиме физической или логической репликации может использоваться только протокол простых запросов.

`sslmode`

Этот параметр определяет, будет ли согласовываться с сервером защищённое SSL-соединение по протоколу TCP/IP, и если да, то в какой очередности. Всего предусмотрено шесть режимов:

`disable`

следует попытаться установить только соединение без использования SSL

`allow`

сначала следует попытаться установить соединение без использования SSL; если попытка будет неудачной, нужно попытаться установить SSL-соединение

`prefer` (по умолчанию)

сначала следует попытаться установить SSL-соединение; если попытка будет неудачной, нужно попытаться установить соединение без использования SSL

`require`

следует попытаться установить только SSL-соединение. Если присутствует файл корневого центра сертификации, то нужно верифицировать сертификат таким же способом, как будто был указан параметр `verify-ca`

`verify-ca`

следует попытаться установить только SSL-соединение, при этом проконтролировать, чтобы сертификат сервера был выпущен доверенным центром сертификации (CA)

`verify-full`

следует попытаться установить только SSL-соединение, при этом проконтролировать, чтобы сертификат сервера был выпущен доверенным центром сертификации (CA) и чтобы имя запрошенного сервера соответствовало имени в сертификате

В Разделе 34.18 приведено подробное описание работы этих режимов.

`sslmode` игнорируется при использовании Unix-сокетов. Если PostgreSQL скомпилирован без поддержки SSL, использование параметров `require`, `verify-ca` или `verify-full` приведёт к ошибке, в то время как параметры `allow` и `prefer` будут приняты, но libpq в действительности не будет пытаться установить SSL-соединение.

`requiressl`

Использовать этот параметр не рекомендуется, в качестве замены предлагается установить `sslmode`.

Если установлено значение 1, то требуется SSL-соединение с сервером (это эквивалентно `sslmode require`). libpq в таком случае откажется подключаться, если сервер не принимает SSL-соединений. Если установлено значение 0 (по умолчанию), тогда libpq будет согласовывать тип подключения с сервером (эквивалентно `sslmode prefer`). Этот параметр доступен, если только PostgreSQL скомпилирован с поддержкой SSL.

`sslcompression`

Если установлено значение 1, данные, передаваемые через SSL-соединения, будут сжиматься. Если установлено значение 0 (по умолчанию), сжатие будет отключено. Этот параметр игнорируется, если установлено подключение без SSL.

Сжатие SSL в настоящее время считается небезопасным, и использовать его уже не рекомендуется. В OpenSSL 1.1.0 сжатие отключено по умолчанию, к тому же во многих дистрибутивах оно отключается и с более ранними версиями. А если сервер не поддерживает сжатие, включение этого параметра не окажет никакого влияния. С другой стороны, OpenSSL до версии 1.0.0 не поддерживал отключение сжатия, так что с такими версиями этот параметр игнорируется, и использование сжатия зависит от сервера.

Если вопросы безопасности не стоят на первом месте, сжатие может ускорить передачу данных, когда узким местом является сеть. Отключение сжатия может улучшить время отклика и пропускную способность, если ограничивающим фактором является производительность CPU.

`sslcert`

Этот параметр предписывает имя файла для SSL-сертификата клиента, заменяющего файл по умолчанию `~/.postgresql/postgresql.crt`. Этот параметр игнорируется, если SSL-подключение не выполнено.

sslkey

Этот параметр предписывает местоположение секретного ключа, используемого для сертификата клиента. Он может либо указывать имя файла, которое будет использоваться вместо имени по умолчанию `~/.postgresql/postgresql.key`, либо он может указывать ключ, полученный от внешнего «криптомодуля» (криптомодули — это загружаемые модули OpenSSL). Спецификация внешнего криптомодуля должна состоять из имени модуля и ключевого идентификатора, зависящего от конкретного модуля, разделённых двоеточием. Этот параметр игнорируется, если SSL-подключение не выполнено.

sslrootcert

Этот параметр указывает имя файла, содержащего SSL-сертификаты, выданные Центром сертификации (CA). Если файл существует, сертификат сервера будет проверен на предмет его подписания одним из этих центров. Имя по умолчанию — `~/.postgresql/root.crt`.

sslcrl

Этот параметр указывает имя файла, содержащего список отозванных SSL-сертификатов (CRL). Сертификаты, перечисленные в этом файле, если он существует, будут отвергаться при попытке установить подлинность сертификата сервера. Имя по умолчанию такое `~/.postgresql/root.crl`.

requirepeer

Этот параметр указывает имя пользователя операционной системы, предназначенное для сервера, например, `requirepeer=postgres`. При создании подключения через Unix-сокеты, если этот параметр установлен, клиент проверяет в самом начале процедуры подключения, что серверный процесс запущен от имени указанного пользователя; если это не так, соединение аварийно прерывается с ошибкой. Этот параметр можно использовать, чтобы обеспечить аутентификацию сервера, подобную той, которая доступна с помощью SSL-сертификатов при соединениях по протоколу TCP/IP. (Заметьте, что если Unix-сокеты находятся в каталоге `/tmp` или в другом каталоге, запись в который разрешена всем пользователям, тогда любой пользователь сможет запустить сервер, прослушивающий сокет в том каталоге. Используйте этот параметр, чтобы гарантировать, что вы подключены к серверу, запущенному доверенным пользователем.) Он поддерживается только на платформах, для которых реализован метод аутентификации `peer`; см. Раздел 20.9.

krbsrvname

Имя сервиса Kerberos, предназначенное для использования при аутентификации на основе GSSAPI. Оно должно соответствовать имени сервиса, указанному в конфигурации сервера, чтобы аутентификация на основе Kerberos прошла успешно. (См. также Раздел 20.6.)

gsslib

Библиотека GSS, предназначенная для использования при аутентификации на основе GSSAPI. Используется только в системе Windows. Назначьте значение `gssapi`, чтобы заставить libpq использовать для аутентификации библиотеку GSSAPI вместо SSPI, применяемого по умолчанию.

service

Имя сервиса, используемое для задания дополнительных параметров. Оно указывает имя сервиса в файле `pg_service.conf`, который содержит дополнительные параметры подключения. Это позволяет приложениям указывать только имя сервиса, поскольку параметры подключения могут поддерживаться централизованно. См. Раздел 34.16.

target_session_attrs

Если этот параметр равен `read-write`, по умолчанию будут приемлемы только подключения, допускающие транзакции на чтение/запись. При успешном подключении будет отправлен запрос `SHOW transaction_read_only`; если он вернёт `on`, соединение будет закрыто. Если в строке подключения указано несколько серверов, будут перебираться остальные серверы, как и при

неудачной попытке подключения. Со значением по умолчанию (any) приемлемыми будут все подключения.

34.2. Функции, описывающие текущее состояние подключения

Эти функции могут использоваться для опроса состояния объекта, описывающего существующее подключение к базе данных.

Подсказка

Разработчики приложений на основе libpq должны тщательно поддерживать абстракцию PGconn. Следует использовать функции доступа, описанные ниже, для получения содержимого PGconn. Обращение напрямую к внутренним полям PGconn, используя сведения из libpq-int.h, не рекомендуется, поскольку они могут измениться в будущем.

Следующие функции возвращают значения параметров, которые были установлены в момент подключения. Эти значения не изменяются во время жизни соединения. Если используется строка соединения с несколькими узлами, значения PQhost, PQport и PQpass могут меняться, если с тем же объектом PGconn устанавливается новое соединение. Другие значения не меняются на протяжении жизни объекта PGconn.

PQdb

Возвращает имя базы данных, с которой установлено соединение.

```
char *PQdb(const PGconn *conn);
```

PQuser

Возвращает имя пользователя, который установил соединение.

```
char *PQuser(const PGconn *conn);
```

PQpass

Возвращает пароль, использованный для подключения.

```
char *PQpass(const PGconn *conn);
```

PQpass возвратит либо пароль, указанный в параметрах подключения, либо пароль, полученный из файла паролей (в случае отсутствия первого). Во втором случае, если в параметрах подключения было указано несколько узлов, полагаться на результат PQpass нельзя, пока соединение не будет установлено. Состояние подключения позволяет проверить функция PQstatus.

PQhost

Возвращает имя сервера для активного соединения. Это может быть имя компьютера, IP-адрес или путь к каталогу, если подключение установлено через сокет Unix. (Признаком подключения к сокету будет абсолютный путь, который начинается с /.)

```
char *PQhost(const PGconn *conn);
```

Если в параметрах подключения был задан и host, и hostaddr, функция PQhost выдаст содержимое host. Если был задан только hostaddr, возвращается это значение. Если в параметрах подключения было задано несколько узлов, PQhost возвращает адрес узла, с которым фактически установлено соединение.

PQhost возвращает NULL, если аргумент conn равен NULL. Иначе в случае ошибки при получении информации об узле (это возможно, если соединение не установлено до конца или произошла ошибка) она возвращает пустую строку.

Если в параметрах подключения указаны несколько узлов, на результат `PQhost` нельзя полагаться, пока соединение не будет установлено. Проверить состояние соединения позволяет функция `PQstatus`.

`PQport`

Возвращает номер порта активного соединения.

```
char *PQport(const PGconn *conn);
```

Если в параметрах подключения было задано несколько портов, `PQport` возвращает порт, с которым фактически установлено соединение.

`PQport` возвращает `NULL`, если аргумент `conn` равен `NULL`. Иначе в случае ошибки при получении информации о порте (это возможно, если соединение не установлено до конца или произошла ошибка) она возвращает пустую строку.

Если в параметрах подключения указаны несколько портов, на результат `PQport` нельзя полагаться, пока соединение не будет установлено. Проверить состояние соединения позволяет функция `PQstatus`.

`PQtty`

Возвращает имя отладочного терминала (TTY), связанного с данным соединением. (Это устаревшая функция, поскольку сервер более не обращает внимания на установку TTY, но она остаётся для обеспечения обратной совместимости.)

```
char *PQtty(const PGconn *conn);
```

`PQoptions`

Возвращает параметры командной строки, переданные в запросе на подключение.

```
char *PQoptions(const PGconn *conn);
```

Следующие функции возвращают данные статуса, который может измениться в процессе выполнения операций на объекте `PGconn`.

`PQstatus`

Возвращает состояние подключения.

```
ConnStatusType PQstatus(const PGconn *conn);
```

Статус может принимать одно из ряда значений. Однако, только два из них видны извне процедуры асинхронного подключения: `CONNECTION_OK` и `CONNECTION_BAD`. Успешное подключение к базе данных имеет статус `CONNECTION_OK`. О неудачной попытке подключения сигнализирует статус `CONNECTION_BAD`. Обычно статус ОК остаётся таковым до вызова `PQfinish`, но сбой в коммуникации может привести к тому, что статус изменится на `CONNECTION_BAD` преждевременно. В таком случае приложение может попытаться восстановиться, вызвав `PQreset`.

См. статьи, посвященные `PQconnectStartParams`, `PQconnectStart` и `PQconnectPoll`, относительно других кодов статуса, которые могут быть возвращены этими функциями.

`PQtransactionStatus`

Возвращает текущий статус сервера, отражающий процесс выполнения транзакций.

```
PGTransactionStatusType PQtransactionStatus(const PGconn *conn);
```

Статус может быть одним из `PQTRANS_IDLE` (в настоящее время не занят обработкой транзакции), `PQTRANS_ACTIVE` (команда в процессе обработки), `PQTRANS_INTRANS` (не выполняет работу, но находится в рамках действительной транзакции) или `PQTRANS_INERROR` (не выполняет работу, но находится в рамках транзакции, завершившейся сбоем). Статус принимает значение `PQTRANS_UNKNOWN`, если соединение не работает. Статус принимает значение `PQTRANS_ACTIVE` только тогда, когда запрос был отправлен серверу, но ещё не завершён.

PQparameterStatus

Отыскивает текущее значение параметра сервера.

```
const char *PQparameterStatus(const PGconn *conn, const char *paramName);
```

Значения определённых параметров сервер сообщает автоматически в начале процедуры подключения или тогда, когда их значения изменяются. `PQparameterStatus` можно использовать, чтобы запросить эти значения. Функция возвращает текущее значение параметра, если оно известно, или `NULL`, если параметр неизвестен.

Параметры, значения которых сообщает сервер, в текущей версии включают `server_version`, `server_encoding`, `client_encoding`, `application_name`, `is_superuser`, `session_authorization`, `DateStyle`, `IntervalStyle`, `TimeZone`, `integer_datetimes` и `standard_conforming_strings`. (Значения параметров `server_encoding`, `TimeZone` и `integer_datetimes` сервер до версии 8.0 не сообщал; `standard_conforming_strings` сервер до версии 8.1 не сообщал; `IntervalStyle` сервер до версии 8.4 не сообщал; `application_name` сервер до версии 9.0 не сообщал.) Учтите, что `server_version`, `server_encoding` и `integer_datetimes` нельзя изменить после запуска.

Серверы, поддерживающие протокол только до версии 3.0, не могут сообщать установки параметров, но `libpq` включает средства, чтобы получить значения для `server_version` и `client_encoding` в любом случае. Поощряется использование в приложениях `PQparameterStatus`, а не специально написанного (*ad hoc*) кода, для определения этих значений. (Примите к сведению, однако, что в соединениях, основанных на протоколе версии до 3.0, изменение `client_encoding` посредством команды `SET` после начала процедуры подключения не будет отражаться функцией `PQparameterStatus`.) Сведения о `server_version` приведены также в описании функции `PQserverVersion`, возвращающей информацию в числовой форме, в которой гораздо легче выполнять сравнение.

Если для `standard_conforming_strings` не передано никакого значения, то приложения могут принять его равным `off`. Это означает, что символы обратной косой черты в строковых литералах интерпретируются в качестве спецсимволов. Также, наличие этого параметра может рассматриваться как указание на то, что синтаксис `escape-строк` (`E'...'`) является приемлемым.

Хотя возвращаемый указатель объявлен со спецификатором `const`, фактически он указывает на изменяемое хранилище, связанное со структурой `PGconn`. Не стоит рассчитывать на то, что указатель останется действительным при последующих запросах.

PQprotocolVersion

Запрашивает протокол, используемый между клиентом и сервером.

```
int PQprotocolVersion(const PGconn *conn);
```

Приложения могут использовать эту функцию, чтобы определить, поддерживаются ли определённые функциональные возможности. В настоящее время возможными значениями являются 2 (протокол версии 2.0), 3 (протокол версии 3.0) или ноль (проблемы в подключении). Версия протокола не будет изменяться после завершения процедуры подключения, но теоретически она могла бы измениться в процессе переподключения. Версия протокола 3.0 обычно используется при взаимодействии с серверами PostgreSQL версии 7.4 или более поздними; серверы до версии 7.4 поддерживают только протокол версии 2.0. (Протокол версии 1.0 является устаревшим и не поддерживается библиотекой `libpq`.)

PQserverVersion

Возвращает целочисленное представление версии сервера.

```
int PQserverVersion(const PGconn *conn);
```

Приложения могут использовать эту функцию, чтобы определить версию сервера баз данных, к которому они подключены. Возвращаемое ей число получается в результате умножения номера основной версии на 10000 и добавления номера дополнительной версии. Например, для

версии 10.1 будет выдано число 100001, а для версии 11.0 — 110000. Если соединение не работает, то возвращается ноль.

До версии 10, в PostgreSQL номера версий образовывались из трёх чисел, первые два из которых представляли основную версию. Для таких версий `PQserverVersion` отводит на каждое число по две цифры; например, для версии 9.1.5 будет выдано 90105, а для версии 9.2.0 — 90200.

Таким образом, чтобы получить логический номер версии для определения доступности функционала, приложения должны разделить результат `PQserverVersion` на 100, а не на 10000. Во всех сериях номера дополнительных (корректирующих) выпусков различаются только в двух последних цифрах.

`PQerrorMessage`

Возвращает сообщение об ошибке, наиболее недавно сгенерированное операцией, выполненной в рамках текущего подключения.

```
char *PQerrorMessage(const PGconn *conn);
```

Почти все функции библиотеки `libpq` в случае сбоя сформируют сообщение для `PQerrorMessage`. Обратите внимание, что по соглашениям, принятым в `libpq`, непустой результат функции `PQerrorMessage` может состоять из нескольких строк и будет включать завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна освобождать память, на которую указывает возвращаемое значение, напрямую. Она будет освобождена, когда связанный с ней дескриптор `PGconn` будет передан функции `PQfinish`. Не стоит ожидать, что результирующая строка останется той же самой при выполнении нескольких операций со структурой `PGconn`.

`PQsocket`

Получает номер файлового дескриптора для сокета соединения с сервером. Действительный дескриптор будет больше или равен 0; значение -1 показывает, что в данный момент не открыто ни одного соединения с сервером. (Значение не изменится во время обычной работы, но может измениться во время установки или переустановки подключения.)

```
int PQsocket(const PGconn *conn);
```

`PQbackendPID`

Возвращает ID (PID) серверного процесса, обрабатывающего это подключение.

```
int PQbackendPID(const PGconn *conn);
```

PID серверного процесса полезен для отладочных целей и для сопоставления с сообщениями команды `NOTIFY` (которые включают PID уведомляющего серверного процесса). Примите к сведению, что PID принадлежит процессу, выполняющемуся на компьютере сервера баз данных, а не на локальном компьютере.

`PQconnectionNeedsPassword`

Возвращает `true` (1), если метод аутентификации соединения требовал пароля, однако он не был предоставлен. Возвращает `false` (0), если пароль не требовался.

```
int PQconnectionNeedsPassword(const PGconn *conn);
```

Эту функцию можно применить после неудачной попытки подключения, чтобы решить, нужно ли предлагать пользователю ввести пароль.

`PQconnectionUsedPassword`

Возвращает `true` (1), если метод аутентификации соединения использовал пароль. Возвращает `false` (0) в противном случае.

```
int PQconnectionUsedPassword(const PGconn *conn);
```

Эту функцию можно применить как после неудачной, так и после успешной попытки подключения, чтобы определить, требовал ли сервер предоставления пароля.

Следующие функции возвращают информацию, относящуюся к SSL. Эта информация обычно не меняется после того, как подключение установлено.

PQsslInUse

Возвращает true (1), если для текущего подключения используется SSL, и false (0) в противном случае.

```
int PQsslInUse(const PGconn *conn);
```

PQsslAttribute

Возвращает связанную с SSL информацию о соединении.

```
const char *PQsslAttribute(const PGconn *conn, const char *attribute_name);
```

Список доступных атрибутов зависит от применяемой библиотеки SSL и типа подключения. Если атрибут недоступен, возвращается NULL.

Обычно доступны следующие атрибуты:

library

Имя используемой реализации SSL. (В настоящее время поддерживается только "OpenSSL")

protocol

Применяемая версия SSL/TLS. Наиболее распространены варианты "TLSv1", "TLSv1.1" и "TLSv1.2", но реализация может возвращать и другие строки, если применяется какой-то другой протокол.

key_bits

Число бит в ключе, используемом алгоритмом шифрования.

cipher

Краткое имя применяемого комплекта шифров, например: "DHE-RSA-DES-CBC3-SHA". Эти имена могут быть разными в разных реализациях SSL.

compression

Если применяется сжатие SSL, возвращает имя алгоритма сжатия, либо "on", если сжатие используется, но его алгоритм неизвестен. Если сжатие не применяется, возвращает "off".

PQsslAttributeNames

Возвращает массив имён доступных атрибутов SSL. Завершается массив указателем NULL.

```
const char * const * PQsslAttributeNames(const PGconn *conn);
```

PQsslStruct

Возвращает указатель на специфичный для реализации SSL объект, описывающий подключение.

```
void *PQsslStruct(const PGconn *conn, const char *struct_name);
```

Доступная структура (или структуры) зависит от того, какая реализация SSL применяется. Для OpenSSL выдаётся одна структура под именем "OpenSSL", и эта структура, на которую указывает возвращённый указатель, имеет тип SSL (определённый в OpenSSL). Для обращения к этой функции можно воспользоваться кодом в следующих строках:

```
#include <libpq-fe.h>
#include <openssl/ssl.h>

...
```

```
SSL *ssl;

dbconn = PQconnectdb(...);
...

ssl = PQsslStruct(dbconn, "OpenSSL");
if (ssl)
{
    /* use OpenSSL functions to access ssl */
}
```

Эта структура может использоваться, чтобы сличить уровни шифрования, проверить сертификаты сервера и т. д. За информацией об этой структуре обратитесь к документации по OpenSSL.

PQgetssl

Возвращает структуру SSL, использовавшуюся в соединении, или null, если SSL не используется.

```
void *PQgetssl(const PGconn *conn);
```

Эта функция равнозначна `PQsslStruct(conn, "OpenSSL")`. Её не следует применять в новых приложениях, так как возвращаемая структура специфична для OpenSSL и её нельзя будет получить с другой реализацией SSL. Чтобы проверить, использует ли подключение SSL, лучше вызвать `PQsslInUse`, а чтобы получить свойства подключения — `PQsslAttribute`.

34.3. Функции для исполнения команд

После того как соединение с сервером было успешно установлено, функции, описанные в этом разделе, используются для выполнения SQL-запросов и команд.

34.3.1. Главные функции

PQexec

Передаёт команду серверу и ожидает результата.

```
PGresult *PQexec(PGconn *conn, const char *command);
```

Возвращает указатель на `PGresult` или, возможно, пустой указатель (null). Как правило, возвращается непустой указатель, исключением являются ситуации нехватки памяти или серьёзные ошибки, такие, как невозможность отправки команды серверу. Для проверки возвращаемого значения на наличие ошибок следует вызывать функцию `PQresultStatus` (в случае нулевого указателя она возвратит `PGRES_FATAL_ERROR`). Для получения дополнительной информации о таких ошибках используйте функцию `PQerrorMessage`.

Строка команды может включать в себя более одной SQL-команды (которые разделяются точкой с запятой). Несколько запросов, отправленных с помощью одного вызова `PQexec`, обрабатываются в рамках одной транзакции, если только команды `BEGIN/COMMIT` не включены явно в строку запроса, чтобы разделить его на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 53.2.2.1.) Однако обратите внимание, что возвращаемая структура `PGresult` описывает только результат последней из выполненных команд, содержащихся в строке запроса. Если одна из команд завершается сбоем, то обработка строки запроса на этом останавливается, и возвращённая структура `PGresult` описывает состояние ошибки.

PQexecParams

Отправляет команду серверу и ожидает результата. Имеет возможность передать параметры отдельно от текста SQL-команды.

```
PGresult *PQexecParams(PGconn *conn,
                       const char *command,
                       int nParams,
                       const Oid *paramTypes,
                       const char * const *paramValues,
                       const int *paramLengths,
                       const int *paramFormats,
                       int resultFormat);
```

`PQexecParams` подобна `PQexec`, но предлагает дополнительную функциональность: значения параметров могут быть указаны отдельно от самой строки-команды, а результаты запроса могут быть затребованы либо в текстовом, либо в двоичном формате. `PQexecParams` поддерживается только при подключениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. Её вызов завершится сбоем при использовании протокола версии 2.0.

Параметры функции следующие:

conn

Объект, описывающий подключение, через которое пересылается команда.

command

Строка SQL-команды, которая должна быть выполнена. Если используются параметры, то в строке команды на них ссылаются, как \$1, \$2 и т. д.

nParams

Число предоставляемых параметров. Оно равно длине массивов *paramTypes[]*, *paramValues[]*, *paramLengths[]* и *paramFormats[]*. (Указатели на массивы могут быть равны NULL, когда *nParams* равно нулю.)

paramTypes[]

Предписывает, посредством OID, типы данных, которые должны быть назначены параметрам. Если значение *paramTypes* равно NULL или какой-либо отдельный элемент в массиве равен нулю, тогда сервер самостоятельно определит тип данных для параметра точно таким же образом, как он сделал бы для литеральной строки, тип которой не указан.

paramValues[]

Указывает фактические значения параметров. Нулевой указатель в этом массиве означает, что соответствующий параметр равен null; в противном случае указатель указывает на текстовую строку, завершающуюся нулевым символом (для текстового формата), или на двоичные данные в формате, которого ожидает сервер (для двоичного формата).

paramLengths[]

Указывает фактические длины данных для параметров, представленных в двоичном формате. Он игнорируется для параметров, имеющих значение null, и для параметров, представленных в текстовом формате. Указатель на массив может быть нулевым, когда нет двоичных параметров.

paramFormats[]

Указывает, являются ли параметры текстовыми (поместите нуль в элемент массива, соответствующий такому параметру) или двоичными (поместите единицу в элемент массива, соответствующий такому параметру). Если указатель на массив является нулевым, тогда все параметры считаются текстовыми строками.

Значения, переданные в двоичном формате, требуют знания внутреннего представления, которого ожидает сервер. Например, целые числа должны передаваться с использованием сетевого порядка байтов. Передача значений типа `numeric` требует знания то-

го формата, в котором их хранит сервер, как это реализовано в `src/backend/utils/adt/numeric.c::numeric_send()` и `src/backend/utils/adt/numeric.c::numeric_recv()`.

resultFormat

Требуется указать ноль, чтобы получить результаты в текстовом формате, или единицу, чтобы получить результаты в двоичном формате. (В настоящее время нет возможности получить различные столбцы результата в разных форматах, хотя это и возможно на уровне протокола, лежащего в основе подключений.)

Важнейшим преимуществом `PQexecParams` над `PQexec` является то, что значения параметров могут быть отделены от строки-команды. Это позволяет избежать использования кавычек и экранирующих символов, что является трудоёмким методом, часто приводящим к ошибкам.

В отличие от `PQexec`, `PQexecParams` позволяет включать не более одной SQL-команды в строку запроса. (В ней могут содержаться точки с запятой, однако может присутствовать не более одной непустой команды.) Это ограничение накладывается базовым протоколом, но оно приносит и некоторую пользу в качестве дополнительной защиты от атак методом SQL-инъекций.

Подсказка

Указание типов параметров с помощью OID является трудоёмким, особенно если вы предпочитаете не указывать явно значений OID в вашей программе. Однако, вы можете избежать этого даже в случаях, когда сервер самостоятельно не может определить тип параметра или выбирает не тот тип, который вы хотите. В строке SQL-команды добавьте явное приведение типа для этого параметра, чтобы показать, какой тип данных вы будете отправлять. Например:

```
SELECT * FROM mytable WHERE x = $1::bigint;
```

Это приведёт к тому, что параметр `$1` будет считаться имеющим тип `bigint`, в то время как по умолчанию ему был бы назначен тот же самый тип, что и `x`. Такое явное принятие решения о типе параметра либо с помощью описанного метода, либо путём задания числового OID строго рекомендуется, когда значения параметров отправляются в двоичном формате, поскольку двоичный формат имеет меньшую избыточность, чем текстовый, и поэтому гораздо менее вероятно, что сервер обнаружит ошибку несоответствия типов, допущенную вами.

`PQprepare`

Отправляет запрос, чтобы создать подготовленный оператор с конкретными параметрами, и ожидает завершения.

```
PGresult *PQprepare(PGconn *conn,
                    const char *stmtName,
                    const char *query,
                    int nParams,
                    const Oid *paramTypes);
```

`PQprepare` создаёт подготовленный оператор для последующего исполнения с помощью `PQexecPrepared`. Благодаря этому, команды, которые будут выполняться многократно, не потребуется разбирать и планировать каждый раз; за подробностями обратитесь к `PREPARE`. `PQprepare` поддерживается только с подключениями по протоколу 3.0 и новее; с протоколом 2.0 эта функция работать не будет.

Функция создаёт подготовленный оператор с именем `stmtName` из строки `query`, которая должна содержать единственную SQL-команду. `stmtName` может быть пустой строкой "", тогда будет создан неименованный оператор (в таком случае любой уже существующий неименованный оператор будет автоматически заменён), в противном случае, если имя оператора уже опреде-

лено в текущем сеансе работы, будет ошибка. Если используются параметры, то в запросе к ним обращаются таким образом: \$1, \$2 и т. д. *nParams* представляет число параметров, типы данных для которых указаны в массиве *paramTypes[]*. (Указатель на массив может быть равен NULL, когда значение *nParams* равно нулю.) *paramTypes[]* указывает, посредством OID, типы данных, которые будут назначены параметрам. Если *paramTypes* равен NULL или какой-либо элемент в этом массиве равен нулю, то сервер назначает тип данных соответствующему параметру точно таким же способом, как он сделал бы для литеральной строки, не имеющей типа. Также в запросе можно использовать параметры с номерами, большими, чем *nParams*; типы данных для них сервер также сможет подобрать. (См. описание *PQdescribePrepared*, где сказано, какие существуют средства, чтобы определить, какие типы данных были подобраны).

Как и при вызове *PQexec*, результатом является объект *PGresult*, содержимое которого показывает успех или сбой на стороне сервера. Нулевой указатель означает нехватку памяти или невозможность вообще отправить команду. Для получения дополнительной информации о таких ошибках используйте *PQerrorMessage*.

Подготовленные операторы для использования с *PQexecPrepared* можно также создать путём исполнения SQL-команд PREPARE. Также, хотя никакой функции *libpq* для удаления подготовленного оператора не предусмотрено, для этой цели можно воспользоваться SQL-командой DEALLOCATE.

PQexecPrepared

Отправляет запрос на исполнение подготовленного оператора с данными параметрами и ожидает результата.

```
PGresult *PQexecPrepared(PGconn *conn,
                        const char *stmtName,
                        int nParams,
                        const char * const *paramValues,
                        const int *paramLengths,
                        const int *paramFormats,
                        int resultFormat);
```

PQexecPrepared подобна *PQexecParams*, но команда, подлежащая исполнению, указывается путём передачи имени предварительно подготовленного оператора вместо передачи строки запроса. Эта возможность позволяет командам, которые вызываются многократно, подвергаться разбору и планированию только один раз, а не при каждом их исполнении. Оператор должен быть подготовлен предварительно в рамках текущего сеанса работы. *PQexecPrepared* поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Параметры идентичны *PQexecParams*, за исключением того, что вместо строки запроса передаётся имя подготовленного оператора, и отсутствует параметр *paramTypes[]* (он не нужен, поскольку типы данных для параметров подготовленного оператора были определены при его создании).

PQdescribePrepared

Передаёт запрос на получение информации об указанном подготовленном операторе и ожидает завершения.

```
PGresult *PQdescribePrepared(PGconn *conn, const char *stmtName);
```

PQdescribePrepared позволяет приложению получить информацию о предварительно подготовленном операторе. *PQdescribePrepared* поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Для ссылки на неименованный оператор значение *stmtName* может быть пустой строкой "" или NULL, в противном случае оно должно быть именем существующего подготовленного оператора.

В случае успешного выполнения возвращается `PGresult` со статусом `PGRES_COMMAND_OK`. Функции `PQnparams` и `PQparamtype` позволяют извлечь из `PGresult` информацию о параметрах подготовленного оператора, а функции `PQnfields`, `PQfname`, `PQftype` и т. п. предоставляют информацию о результирующих столбцах (если они есть) данного оператора.

`PQdescribePortal`

Передаёт запрос на получение информации об указанном портале и ожидает завершения.

```
PGresult *PQdescribePortal(PGconn *conn, const char *portalName);
```

`PQdescribePortal` позволяет приложению получить информацию о предварительно созданном портале. (`libpq` не предоставляет прямого доступа к порталам, но вы можете использовать эту функцию для ознакомления со свойствами курсора, созданного с помощью SQL-команды `DECLARE CURSOR`.) `PQdescribePortal` поддерживается только в соединениях по протоколу версии 3.0 или более поздних версий. При использовании протокола версии 2.0 функция завершится сбоем.

Для ссылки на неименованный портал значение `portalName` может быть пустой строкой `" "` или `NULL`, в противном случае оно должно быть именем существующего портала. В случае успешного завершения возвращается `PGresult` со статусом `PGRES_COMMAND_OK`. С помощью функций `PQnfields`, `PQfname`, `PQftype` и т. д. можно извлечь из `PGresult` информацию о результирующих столбцах (если они есть) данного портала.

Структура `PGresult` содержит результат, возвращённый сервером. Разработчики приложений `libpq` должны тщательно поддерживать абстракцию `PGresult`. Для получения доступа к содержимому `PGresult` используйте функции доступа, описанные ниже. Избегайте непосредственного обращения к полям структуры `PGresult`, поскольку они могут измениться в будущем.

`PQresultStatus`

Возвращает статус результата выполнения команды.

```
ExecStatusType PQresultStatus(const PGresult *res);
```

`PQresultStatus` может возвращать одно из следующих значений:

`PGRES_EMPTY_QUERY`

Строка, отправленная серверу, была пустой.

`PGRES_COMMAND_OK`

Успешное завершение команды, не возвращающей никаких данных.

`PGRES_TUPLES_OK`

Успешное завершение команды, возвращающей данные (такой, как `SELECT` или `SHOW`).

`PGRES_COPY_OUT`

Начат перенос данных `Copy Out` (с сервера).

`PGRES_COPY_IN`

Начат перенос данных `Copy In` (на сервер).

`PGRES_BAD_RESPONSE`

Ответ сервера не был распознан.

`PGRES_NONFATAL_ERROR`

Произошла не фатальная ошибка (уведомление или предупреждение).

PGRES_FATAL_ERROR

Произошла фатальная ошибка.

PGRES_COPY_BOTH

Начат перенос данных Copy In/Out (на сервер и с сервера). Эта функция в настоящее время используется только для потоковой репликации, поэтому такой статус не должен иметь место в обычных приложениях.

PGRES_SINGLE_TUPLE

Структура PGresult содержит только одну результирующую строку, возвращённую текущей командой. Этот статус имеет место только тогда, когда для данного запроса был выбран режим построчного вывода (см. Раздел 34.5).

Если статус результата PGRES_TUPLES_OK или PGRES_SINGLE_TUPLE, тогда для извлечения строк, возвращённых запросом, можно использовать функции, описанные ниже. Обратите внимание, что команда SELECT, даже когда она не извлекает ни одной строки, всё же показывает PGRES_TUPLES_OK. PGRES_COMMAND_OK предназначен для команд, которые никогда не возвращают строки (INSERT или UPDATE без использования предложения RETURNING и др.). Ответ PGRES_EMPTY_QUERY может указывать на наличие ошибки в клиентском программном обеспечении.

Результат со статусом PGRES_NONFATAL_ERROR никогда не будет возвращён напрямую функцией PQexec или другими функциями исполнения запросов; вместо этого результаты такого вида передаются обработчику уведомлений (см. Раздел 34.12).

PQresStatus

Преобразует значение перечислимого типа, возвращённое функцией PQresultStatus, в строковую константу, описывающую код статуса. Вызывающая функция не должна освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель.

```
char *PQresStatus(ExecStatusType status);
```

PQresultErrorMessage

Возвращает сообщение об ошибке, связанное с командой, или пустую строку, если ошибки не произошло.

```
char *PQresultErrorMessage(const PGresult *res);
```

Если произошла ошибка, то возвращённая строка будет включать завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель PGresult будет передан функции PQclear.

Если непосредственно после вызова PQexec или PQgetResult вызвать функцию PQerrorMessage (для данного подключения), то она возвратит ту же самую строку, что и PQresultErrorMessage (для данного результата). Однако, PGresult сохранит своё сообщение об ошибке до тех пор, пока не будет уничтожен, в то время, как сообщение об ошибке, связанное с данным подключением, будет изменяться при выполнении последующих операций. Воспользуйтесь функцией PQresultErrorMessage, когда вы хотите узнать статус, связанный с конкретной структурой PGresult; используйте функцию PQerrorMessage, когда вы хотите узнать статус выполнения самой последней операции на данном соединении.

PQresultVerboseErrorMessage

Возвращает переформатированную версию сообщения об ошибке, связанного с объектом PGresult.

```
char *PQresultVerboseErrorMessage(const PGresult *res,
                                  PGVerbosity verbosity,
                                  PGContextVisibility show_context);
```

В некоторых ситуациях клиент может захотеть получить более подробную версию ранее выданного сообщения об ошибке. Эту потребность удовлетворяет функция `PQresultVerboseErrorMessage`, формируя сообщение, которое было бы выдано функцией `PQresultErrorMessage`, если бы заданный уровень детализации был текущим для соединения в момент заполнения `PGresult`. Если же в `PGresult` не содержится ошибка, вместо этого выдаётся сообщение «`PGresult is not an error result`» (`PGresult` — не результат с ошибкой). Возвращаемое этой функцией сообщение завершается переводом строки.

В отличие от многих других функций, извлекающих данные из `PGresult`, результат этой функции — новая размещённая в памяти строка. Когда эта строка будет не нужна, вызывающий код должен освободить её место, вызвав `PQfreemem()`.

При нехватке памяти может быть возвращено `NULL`.

`PQresultErrorField`

Возвращает индивидуальное поле из отчёта об ошибке.

```
char *PQresultErrorField(const PGresult *res, int fieldcode);
```

fieldcode это идентификатор поля ошибки; см. символические константы, перечисленные ниже. Если `PGresult` не содержит ошибки или предупреждения или не включает указанное поле, то возвращается `NULL`. Значения полей обычно не включают завершающий символ новой строки. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель `PGresult` будет передан функции `PQclear`.

Доступны следующие коды полей:

`PG_DIAG_SEVERITY`

Серьёзность; поле может содержать `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке) либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении-уведомлении) либо локализованный перевод одного из этих значений. Присутствует всегда.

`PG_DIAG_SEVERITY_NONLOCALIZED`

Серьёзность; поле может содержать `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке) либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении-уведомлении). Это поле подобно `PG_DIAG_SEVERITY`, но его содержимое никогда не переводится. Присутствует только в отчётах, выдаваемых PostgreSQL версии 9.6 и новее.

`PG_DIAG_SQLSTATE`

Код ошибки в соответствии с соглашением о кодах `SQLSTATE`. Код `SQLSTATE` идентифицирует тип случившейся ошибки; он может использоваться клиентскими приложениями, чтобы выполнять конкретные операции (такие, как обработка ошибок) в ответ на конкретную ошибку базы данных. Список возможных кодов `SQLSTATE` приведён в Приложении А. Это поле не подлежит локализации. Оно всегда присутствует.

`PG_DIAG_MESSAGE_PRIMARY`

Главное сообщение об ошибке, предназначенное для прочтения пользователем. Как правило составляет всего одну строку. Это поле всегда присутствует.

`PG_DIAG_MESSAGE_DETAIL`

Необязательное дополнительное сообщение об ошибке, передающее более детальную информацию о проблеме. Может занимать несколько строк.

`PG_DIAG_MESSAGE_HINT`

Подсказка: необязательное предположение о том, что можно сделать в данной проблемной ситуации. Оно должно отличаться от детальной информации в том смысле, что оно пред-

лагает совет (возможно, и неподходящий), а не просто факты. Может занимать несколько строк.

PG_DIAG_STATEMENT_POSITION

Строка, содержащая десятичное целое число, указывающее позицию расположения ошибки в качестве индекса в оригинальной строке оператора. Первый символ имеет позицию 1, при этом позиции измеряются в символах а не в байтах.

PG_DIAG_INTERNAL_POSITION

Это поле определяется точно так же, как и поле PG_DIAG_STATEMENT_POSITION, но оно используется, когда позиция местонахождения ошибки относится к команде, сгенерированной внутренними модулями, а не к команде, представленной клиентом. Когда появляется это поле, то всегда появляется и поле PG_DIAG_INTERNAL_QUERY.

PG_DIAG_INTERNAL_QUERY

Текст команды, сгенерированной внутренними модулями, завершившейся сбоем. Это мог бы быть, например, SQL-запрос, выданный функцией на языке PL/pgSQL.

PG_DIAG_CONTEXT

Характеристика контекста, в котором произошла ошибка. В настоящее время она включает вывод стека вызовов активных функций процедурного языка и запросов, сгенерированных внутренними модулями. Стек выводится по одному элементу в строке, при этом первым идет самый последний из элементов (самый недавний вызов).

PG_DIAG_SCHEMA_NAME

Если ошибка была связана с конкретным объектом базы данных, то в это поле будет записано имя схемы, содержащей данный объект.

PG_DIAG_TABLE_NAME

Если ошибка была связана с конкретной таблицей, то в это поле будет записано имя таблицы. (Для получения имени схемы для данной таблицы обратитесь к полю, содержащему имя схемы.)

PG_DIAG_COLUMN_NAME

Если ошибка была связана с конкретным столбцом таблицы, то в это поле будет записано имя столбца. (Чтобы идентифицировать таблицу, обратитесь к полям, содержащим имена схемы и таблицы.)

PG_DIAG_DATATYPE_NAME

Если ошибка была связана с конкретным типом данных, то в это поле будет записано имя типа данных. (Чтобы получить имя схемы, которой принадлежит этот тип данных, обратитесь к полю, содержащему имя схемы.)

PG_DIAG_CONSTRAINT_NAME

Если ошибка была связана с конкретным ограничением, то в это поле будет записано имя ограничения. Чтобы получить имя таблицы или домена, связанных с этим ограничением, обратитесь к полям, перечисленным выше. (С этой целью индексы рассматриваются как ограничения, даже если они и не были созданы с помощью синтаксиса для создания ограничений.)

PG_DIAG_SOURCE_FILE

Имя файла, содержащего позицию в исходном коде, для которой было выдано сообщение об ошибка.

PG_DIAG_SOURCE_LINE

Номер строки той позиции в исходном коде, для которой было выдано сообщение об ошибке.

PG_DIAG_SOURCE_FUNCTION

Имя функции в исходном коде, сообщающей об ошибке.

Примечание

Поля для имени схемы, имени таблицы, имени столбца, имени типа данных и имени ограничения предоставляются лишь для ограниченного числа типов ошибок; см. Приложение А. Не рассчитывайте на то, что присутствие любого из этих полей гарантирует и присутствие какого-то другого поля. Базовые источники ошибок поддерживаются взаимосвязей, описанных выше, но функции, определённые пользователем, могут использовать эти поля другими способами. Аналогично, не рассчитывайте на то, что эти поля обозначают объекты, существующие в текущей базе данных в настоящий момент.

Клиент отвечает за форматирование отображаемой информации в соответствии с его нуждами; в частности, он должен разбивать длинные строки, как требуется. Символы новой строки, встречающиеся в полях сообщения об ошибке, должны обрабатываться, как разрывы абзацев, а не строк.

Ошибки, сгенерированные внутренними модулями libpq, будут иметь поля серьёзности ошибки и основного сообщения, но, как правило, никаких других полей. Ошибки, возвращаемые сервером, работающим по протоколу версии ниже 3.0, будут включать поля серьёзности ошибки и основного сообщения, а также иногда детальное сообщение, но больше никаких полей.

Заметьте, что поля ошибки доступны только из объектов PGresult, а не из объектов PGconn. Не существует функции PQerrorMessage.

PQclear

Освобождает область памяти, связанную с PGresult. Результат выполнения каждой команды должен быть освобождён с помощью PQclear, когда он больше не нужен.

```
void PQclear(PGresult *res);
```

Вы можете держать объект PGresult под рукой до тех пор, пока он вам нужен; он не исчезает, ни когда вы выдаёте новую команду, ни даже если вы закрываете соединение. Чтобы от него избавиться, вы должны вызвать PQclear. Если этого не делать, то в результате будут иметь место утечки памяти в вашем приложении.

34.3.2. Извлечение информации, связанной с результатом запроса

Эти функции служат для извлечения информации из объекта PGresult, который представляет результат успешного запроса (то есть такого, который имеет статус PGRES_TUPLES_OK или PGRES_SINGLE_TUPLE). Их также можно использовать для извлечения информации об успешной операции DESCRIBE: результат этой операции содержит всю ту же самую информацию о столбцах, которая была бы получена при реальном исполнении запроса, но не содержит ни одной строки. Для объектов, имеющих другие значения статуса, эти функции будут действовать таким образом, как будто результат не содержит ни одной строки и ни одного столбца.

PQntuples

Возвращает число строк (кортежей) в полученной выборке. (Заметьте, что объекты PGresult не могут содержать более чем INT_MAX строк, так что для результата достаточно типа int.)

```
int PQntuples(const PGresult *res);
```

PQnfields

Возвращает число столбцов (полей) в каждой строке полученной выборки.

```
int PQnfields(const PGresult *res);
```

PQfname

Возвращает имя столбца, соответствующего данному номеру столбца. Номера столбцов начинаются с 0. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на PGresult будет передан функции PQclear.

```
char *PQfname(const PGresult *res,
               int column_number);
```

Если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона, то возвращается NULL.

PQfnumber

Возвращает номер столбца, соответствующий данному имени столбца.

```
int PQfnumber(const PGresult *res,
               const char *column_name);
```

Если данное имя не совпадает с именем ни одного из столбцов, то возвращается -1.

Данное имя интерпретируется, как идентификатор в SQL-команде. Это означает, что оно переводится в нижний регистр, если только оно не заключено в двойные кавычки. Например, для выборки, сгенерированной с помощью такой SQL-команды:

```
SELECT 1 AS foo, 2 AS "BAR";
```

мы получили бы следующие результаты:

PQfname(res, 0)	foo
PQfname(res, 1)	BAR
PQfnumber(res, "foo")	0
PQfnumber(res, "foo")	0
PQfnumber(res, "BAR")	-1
PQfnumber(res, "\"BAR\"")	1

PQftable

Возвращает OID таблицы, из которой был получен данный столбец. Номера столбцов начинаются с 0.

```
Oid PQftable(const PGresult *res,
              int column_number);
```

В следующих случаях возвращается InvalidOid: если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона; если указанный столбец не является простой ссылкой на столбец таблицы; когда используется протокол версии более ранней, чем 3.0. Вы можете сделать запрос к системной таблице pg_class, чтобы точно определить, к какой таблице было произведено обращение.

Тип данных Oid и константа InvalidOid будут определены, когда вы включите заголовочный файл для libpq. Они будут принадлежать к одному из целочисленных типов.

PQftablecol

Возвращает номер столбца (в пределах его таблицы) для указанного столбца в полученной выборке. Номера столбцов в полученной выборке начинаются с 0, но столбцы в таблице имеют ненулевые номера.

```
int PQftablecol(const PGresult *res,
```

```
int column_number);
```

В следующих случаях возвращается ноль: если номер столбца выходит за пределы допустимого диапазона; если указанный столбец не является простой ссылкой на столбец таблицы; когда используется протокол версии более ранней, чем 3.0.

PQfformat

Возвращает код формата, показывающий формат данного столбца. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfformat(const PGresult *res,
              int column_number);
```

Значение кода формата, равное нулю, указывает на текстовое представление данных, в то время, как значение, равное единице, означает двоичное представление. (Другие значения кодов зарезервированы для определения в будущем.)

PQftype

Возвращает тип данных, соответствующий данному номеру столбца. Возвращаемое целое значение является внутренним номером OID для этого типа. Номера столбцов начинаются с 0.

```
Oid PQftype(const PGresult *res,
            int column_number);
```

Вы можете сделать запрос к системной таблице `pg_type`, чтобы получить имена и свойства различных типов данных. Значения OID для встроенных типов данных определены в файле `src/include/catalog/pg_type_d.h` в дереве исходных кодов.

PQfmod

Возвращает модификатор типа для столбца, соответствующего данному номеру. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfmod(const PGresult *res,
           int column_number);
```

Интерпретация значений модификатора зависит от типа; они обычно показывают точность или предельные размеры. Значение -1 используется, чтобы показать «нет доступной информации». Большинство типов данных не используют модификаторов, в таком случае значение всегда будет -1.

PQfsize

Возвращает размер в байтах для столбца, соответствующего данному номеру. Номера столбцов начинаются с 0.

```
int PQfsize(const PGresult *res,
            int column_number);
```

`PQfsize` возвращает размер пространства, выделенного для этого столбца в строке базы данных, другими словами, это размер внутреннего представления этого типа данных на сервере. (Следовательно, эта информация не является по-настоящему полезной для клиентов.) Отрицательное значение говорит о том, что тип данных имеет переменную длину.

PQbinaryTuples

Возвращает 1, если `PGresult` содержит двоичные данные, или 0, если данные текстовые.

```
int PQbinaryTuples(const PGresult *res);
```

Эта функция не рекомендуется к использованию (за исключением применения в связи с командой `COPY`), поскольку один и тот же `PGresult` может содержать в некоторых столбцах текстовые

данные, а в остальных — двоичные. Предпочтительнее использовать `PQfformat.PQbinaryTuples` возвращает 1, только если все столбцы в выборке являются двоичными (код формата 1).

`PQgetvalue`

Возвращает значение одного поля из одной строки, содержащейся в `PGresult`. Номера строк и столбцов начинаются с 0. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на `PGresult` будет передан функции `PQclear`.

```
char *PQgetvalue(const PGresult *res,
                 int row_number,
                 int column_number);
```

Для данных в текстовом формате значение, возвращаемое функцией `PQgetvalue`, является значением поля, представленным в виде символьной строки с завершающим нулевым символом. Для данных в двоичном формате используется двоичное представление значения. Оно определяется функциями `typsend` и `typereceive` для конкретного типа данных. (В этом случае к значению также добавляется нулевой байт, но обычно это не приносит пользы, поскольку вероятно, что значение уже содержит нулевые байты.)

Пустая строка возвращается в том случае, когда значение поля отсутствует (`null`). См. `PQgetisnull`, чтобы отличать отсутствие значения (`null`) от значения, равного пустой строке.

Указатель, возвращаемый функцией `PQgetvalue`, указывает на область хранения, которая является частью структуры `PGresult`. Не следует модифицировать данные, на которые указывает этот указатель, а нужно явно скопировать данные в другую область хранения, если предполагается их использовать за пределами времени жизни самой структуры `PGresult`.

`PQgetisnull`

Проверяет поле на предмет отсутствия значения (`null`). Номера строк и столбцов начинаются с 0.

```
int PQgetisnull(const PGresult *res,
                int row_number,
                int column_number);
```

Эта функция возвращает 1, если значение в поле отсутствует (`null`), и 0, если поле содержит непустое (non-null) значение. (Обратите внимание, что `PQgetvalue` возвратит пустую строку, а не нулевой указатель, если значение в поле отсутствует.)

`PQgetlength`

Возвращает фактическую длину значения поля в байтах. Номера строк и столбцов начинаются с 0.

```
int PQgetlength(const PGresult *res,
                int row_number,
                int column_number);
```

Это фактическая длина данных для конкретного значения данных, то есть размер объекта, на который указывает `PQgetvalue`. Для текстового формата данных это то же самое, что `strlen()`. Для двоичного же формата это существенная информация. Обратите внимание, что *не* следует полагаться на `PQfsize`, чтобы получить фактическую длину данных.

`PQnparams`

Возвращает число параметров подготовленного оператора.

```
int PQnparams(const PGresult *res);
```

Эта функция полезна только при исследовании результата работы функции `PQdescribePrepared`. Для других типов запросов она возвратит ноль.

PQparamtype

Возвращает тип данных для указанного параметра оператора. Номера параметров начинаются с 0.

```
Oid PQparamtype(const PGresult *res, int param_number);
```

Эта функция полезна только при исследовании результата работы функции PQdescribePrepared. Для других типов запросов она возвратит ноль.

PQprint

Выводит все строки и, по выбору, имена столбцов в указанный поток вывода.

```
void PQprint(FILE *fout,          /* поток вывода */
             const PGresult *res,
             const PQprintOpt *po);

typedef struct
{
    pqbool  header;          /* печатать заголовки полей и счётчик строк */
    pqbool  align;           /* выравнивать поля */
    pqbool  standard;        /* старый формат */
    pqbool  html3;           /* выводить HTML-таблицы */
    pqbool  expanded;        /* расширять таблицы */
    pqbool  pager;           /* использовать программу для постраничного просмотра, если
    нужно */
    char    *fieldSep;       /* разделитель полей */
    char    *tableOpt;       /* атрибуты для HTML-таблицы */
    char    *caption;        /* заголовок HTML-таблицы */
    char    **fieldName;     /* массив заменителей для имён полей, завершающийся нулевым
    символом */
} PQprintOpt;
```

Эту функцию прежде использовала утилита psql для вывода результатов запроса, но больше она её не использует. Обратите внимание, предполагается, что все данные представлены в текстовом формате.

34.3.3. Получение другой информации о результате

Эти функции используются для получения остальной информации из объектов PGresult.

PQcmdStatus

Возвращает дескриптор статуса для SQL-команды, которая сгенерировала PGresult.

```
char *PQcmdStatus(PGresult *res);
```

Как правило, это просто имя команды, но могут быть включены и дополнительные сведения, такие, как число обработанных строк. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на PGresult будет передан функции PQclear.

PQcmdTuples

Возвращает число строк, которые затронула SQL-команда.

```
char *PQcmdTuples(PGresult *res);
```

Эта функция возвращает строковое значение, содержащее число строк, которые затронул SQL-оператор, сгенерировавший данный PGresult. Эту функцию можно использовать только сразу после выполнения команд SELECT, CREATE TABLE AS, INSERT, UPDATE, DELETE, MOVE, FETCH или COPY, а также после оператора EXECUTE, выполнившего подготовленный запрос, содержащий

команды `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. Если команда, которая сгенерировала `PGresult`, была какой-то иной, то `PQcmdTuples` возвращает пустую строку. Вызывающая функция не должна напрямую освобождать память, на которую указывает возвращаемый указатель. Она будет освобождена, когда соответствующий указатель на `PGresult` будет передан функции `PQclear`.

`PQoidValue`

Возвращает OID вставленной строки, если SQL-команда была командой `INSERT`, которая вставила ровно одну строку в таблицу, имеющую идентификаторы OID, или командой `EXECUTE`, которая выполнила подготовленный запрос, содержащий соответствующий оператор `INSERT`. В противном случае эта функция возвращает `InvalidOid`. Эта функция также возвратит `InvalidOid`, если таблица, затронутая командой `INSERT`, не содержит идентификаторов OID.

```
Oid PQoidValue(const PGresult *res);
```

`PQoidStatus`

Эта функция считается не рекомендуемой к использованию (в качестве замены служит `PQoidValue`), а также она не отвечает требованиям потоковой безопасности. Она возвращает строковое значение, содержащее OID вставленной строки, в то время как `PQoidValue` возвращает значение OID.

```
char *PQoidStatus(const PGresult *res);
```

34.3.4. Экранирование строковых значений для включения в SQL-команды

`PQescapeLiteral`

```
char *PQescapeLiteral(PGconn *conn, const char *str, size_t length);
```

`PQescapeLiteral` экранирует строковое значение для использования внутри SQL-команды. Это полезно при вставке в SQL-команды значений данных в виде литеральных констант. Определённые символы (такие, как кавычки и символы обратной косой черты) должны экранироваться, чтобы предотвратить их специальную интерпретацию синтаксическим анализатором языка SQL. `PQescapeLiteral` выполняет эту операцию.

`PQescapeLiteral` возвращает экранированную версию параметра `str`, размещённую в области памяти, распределённой с помощью функции `malloc()`. Эту память нужно освобождать с помощью функции `PQfreemem()`, когда возвращённое значение больше не требуется. Завершающий нулевой байт не нужен и не должен учитываться в параметре `length`. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны `length` байтов, то `PQescapeLiteral` останавливает работу на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает `strncpy()`.) В возвращённой строке все специальные символы заменены таким образом, что синтаксический анализатор строковых литералов PostgreSQL может обработать их должным образом. Завершающий нулевой байт также будет добавлен. Одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL, включаются в результирующую строку.

В случае ошибки `PQescapeLiteral` возвращает `NULL`, и в объект `conn` помещается соответствующее сообщение.

Подсказка

Особенно важно выполнять надлежащее экранирование при обработке строк, полученных из ненадёжных источников. В противном случае ваша безопасность подвергается риску из-за уязвимости в отношении атак с использованием «SQL-инъекций», с помощью которых нежелательные SQL-команды направляются в вашу базу данных.

Обратите внимание, что нет необходимости (и это будет даже некорректно) экранировать значения данных, передаваемых в виде отдельных параметров в функцию `PQexecParams` или родственные ей функции.

`PQescapeIdentifier`

```
char *PQescapeIdentifier(PGconn *conn, const char *str, size_t length);
```

`PQescapeIdentifier` экранирует строку, предназначенную для использования в качестве идентификатора SQL, такого, как таблица, столбец или имя функции. Это полезно, когда идентификатор, выбранный пользователем, может содержать специальные символы, которые в противном случае не интерпретировались бы синтаксическим анализатором SQL, как часть идентификатора, или когда идентификатор может содержать символы верхнего регистра, и этот регистр требуется сохранить.

`PQescapeIdentifier` возвращает версию параметра *str*, экранированную как SQL-идентификатор, и размещённую в области памяти, распределённой с помощью функции `malloc()`. Эту память нужно освобождать с помощью функции `PQfreemem()`, когда возвращённое значение больше не требуется. Завершающий нулевой байт не нужен и не должен учитываться в параметре *length*. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны *length* байтов, то `PQescapeIdentifier` останавливает работу на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает `strncpy`.) В возвращённой строке все специальные символы заменены таким образом, что она будет надлежащим образом обработана, как SQL-идентификатор. Завершающий нулевой байт также будет добавлен. Возвращённая строка также будет заключена в двойные кавычки.

В случае ошибки `PQescapeIdentifier` возвращает `NULL`, и в объект *conn* помещается соответствующее сообщение.

Подсказка

Как и в случае со строковыми литералами, для того чтобы предотвратить атаки с помощью SQL-инъекций, SQL-идентификаторы должны экранироваться, когда они получены из ненадёжного источника.

`PQescapeStringConn`

```
size_t PQescapeStringConn(PGconn *conn,
                           char *to, const char *from, size_t length,
                           int *error);
```

`PQescapeStringConn` экранирует строковые литералы наподобие `PQescapeLiteral`. Но, в отличие от `PQescapeLiteral`, за предоставление буфера надлежащего размера отвечает вызывающая функция. Более того, `PQescapeStringConn` не добавляет одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL; они должны быть включены в SQL-команду, в которую вставляется результирующая строка. Параметр *from* указывает на первый символ строки, которая должна экранироваться, а параметр *length* задаёт число байтов в этой строке. Завершающий нулевой байт не требуется и не должен учитываться в параметре *length*. (Если завершающий нулевой байт был найден до того, как были обработаны *length* байтов, то `PQescapeStringConn` останавливает работу на нулевом байте; таким образом, поведение функции напоминает `strncpy`.) Параметр *to* должен указывать на буфер, который сможет вместить как минимум на один байт больше, чем предписывает удвоенное значение параметра *length*, в противном случае поведение функции не определено. Поведение будет также не определено, если строки *to* и *from* перекрываются.

Если параметр *error* не равен `NULL`, тогда значение **error* устанавливается равным нулю в случае успешной работы и не равным нулю в случае ошибки. В настоящее время единственным возможным условием возникновения ошибки является неверная мультибайтовая кодировка в

исходной строке. Выходная строка формируется даже при наличии ошибки, но можно ожидать, что сервер отвергнет её как неверно сформированную. В случае ошибки в объект `conn` записывается соответствующее сообщение независимо от того, равно ли `NULL` значение параметра `error`.

`PQescapeStringConn` возвращает число байтов, записанных по адресу `to`, не включая завершающий нулевой байт.

`PQescapeString`

`PQescapeString` является более старой, не рекомендованной к использованию версией функции `PQescapeStringConn`.

```
size_t PQescapeString (char *to, const char *from, size_t length);
```

Единственное отличие от `PQescapeStringConn` состоит в том, что функция `PQescapeString` не принимает `PGconn` или `error` в качестве параметров. Из-за этого она не может скорректировать своё поведение в зависимости от свойств подключения (таких, как кодировка символов) и, следовательно, *она может выдавать неверные результаты*. Также она не имеет способа сообщить об ошибках.

`PQescapeString` может безопасно использоваться в клиентских программах, которые работают лишь с одним подключением к PostgreSQL за один раз (в этом случае функция может найти то, что ей нужно знать, «за кулисами»). В других контекстах её использование несёт в себе угрозу безопасности и его следует избегать в пользу применения функции `PQescapeStringConn`.

`PQescapeByteaConn`

Экранирует двоичные данные для их использования внутри SQL-команды с типом данных `bytea`. Как и в случае с `PQescapeStringConn`, эта функция применяется только тогда, когда данные вставляются непосредственно в строку SQL-команды.

```
unsigned char *PQescapeByteaConn (PGconn *conn,  
                                  const unsigned char *from,  
                                  size_t from_length,  
                                  size_t *to_length);
```

Байты, имеющие определённые значения, должны экранироваться, когда они используются в качестве составной части литерала, имеющего тип `bytea`, в SQL-операторе. `PQescapeByteaConn` экранирует байты, используя либо hex-кодирование, либо экранирование с помощью обратной косой черты. См. Раздел 8.4 для получения дополнительной информации.

Параметр `from` указывает на первый байт строки, которая должна экранироваться, а параметр `from_length` задаёт число байтов в этой двоичной строке. (Завершающий нулевой байт не нужен и не учитывается.) Параметр `to_length` указывает на переменную, которая будет содержать длину результирующей экранированной строки. Эта длина включает завершающий нулевой байт результирующей строки.

`PQescapeByteaConn` возвращает экранированную версию двоичной строки, на которую указывает параметр `from`, и размещает её в памяти, распределённой с помощью `malloc()`. Эта память должна быть освобождена с помощью функции `PQfreemem()`, когда результирующая строка больше не нужна. В возвращаемой строке все специальные символы заменены так, чтобы синтаксический анализатор литеральных строк PostgreSQL и функция ввода для типа `bytea` могли обработать их надлежащим образом. Завершающий нулевой байт также добавляется. Одинарные кавычки, которые должны окружать строковые литералы PostgreSQL, не являются частью результирующей строки.

В случае ошибки возвращается нулевой указатель, и соответствующее сообщение об ошибке записывается в объект `conn`. В настоящее время единственной возможной ошибкой может быть нехватка памяти для результирующей строки.

PQescapeBytea

PQescapeBytea является более старой, не рекомендуемой к использованию версией функции PQescapeByteaConn.

```
unsigned char *PQescapeBytea(const unsigned char *from,
                             size_t from_length,
                             size_t *to_length);
```

Единственное отличие от PQescapeByteaConn состоит в том, что функция PQescapeBytea не принимает PGconn в качестве параметра. Из-за этого PQescapeBytea может безопасно использоваться в клиентских программах, которые работают лишь с одним подключением к PostgreSQL за один раз (в этом случае функция может найти то, что ей нужно знать, «за кулисами»). Она *может выдавать неверные результаты* при использовании в программах, которые формируют множественные подключения к базе данных (в таких случаях используйте PQescapeByteaConn).

PQunescapeBytea

Преобразует строковое представление двоичных данных в двоичные данные — является обратной функцией к функции PQescapeBytea. Она нужна, когда данные типа bytea извлекаются в текстовом формате, но не когда они извлекаются в двоичном формате.

```
unsigned char *PQunescapeBytea(const unsigned char *from, size_t *to_length);
```

Параметр *from* указывает на строку, такую, какую могла бы вернуть функция PQgetvalue, применённая к столбцу типа bytea. PQunescapeBytea преобразует это строковое представление в его двоичное представление. Она возвращает указатель на буфер, распределённый с помощью функции malloc() (или NULL в случае ошибки) и помещает размер буфера по адресу *to_length*. Когда результат не будет нужен, необходимо освободить его память, вызвав PQfreeMem.

Это преобразование не является точной инверсией для PQescapeBytea, поскольку ожидается, что строка, полученная от PQgetvalue, не будет «экранированной». В частности, это означает, что учитывать режим спецпоследовательностей не нужно, и поэтому в параметре нет необходимости PGconn.

34.4. Асинхронная обработка команд

Функция PQexec хорошо подходит для отправки команд серверу в нормальных, синхронных приложениях. Однако, она имеет ряд недостатков, которые могут иметь значение для некоторых пользователей:

- PQexec ожидает завершения выполнения команды. Приложение может иметь и другую работу, которую нужно делать (такую, как поддержание пользовательского интерфейса), в таком случае оно не захочет блокироваться, ожидая ответа.
- Поскольку выполнение клиентского приложения приостанавливается, пока оно ожидает результата, то приложению трудно решить, что оно хотело бы попытаться отменить выполняющуюся команду. (Это можно сделать из обработчика сигнала, но никак иначе.)
- PQexec может вернуть только одну структуру PGresult. Если отправленная серверу строка-команда содержит множественные SQL-команды, то все структуры PGresult, кроме последней, отбрасываются функцией PQexec.
- PQexec всегда собирает все результаты выполнения команды, буферизуя их в единственной структуре PGresult. В то время как для приложения это упрощает логику обработки ошибок, это может быть непрактично, когда результат содержит много строк.

Приложения, которым эти ограничения не подходят, могут вместо PQexec использовать базовые функции, на основе которых и построена функция PQexec: PQsendQuery и PQgetResult. Есть также функции PQsendQueryParams, PQsendPrepare, PQsendQueryPrepared, PQsendDescribePrepared и PQsendDescribePortal, которые можно использовать совместно с PQgetResult, чтобы продуб-

ликовать функциональность `PQexecParams`, `PQprepare`, `PQexecPrepared`, `PQdescribePrepared` и `PQdescribePortal` соответственно.

`PQsendQuery`

Отправляет команду серверу, не ожидая получения результата. Если команда была отправлена успешно, то функция возвратит значение 1, в противном случае она возвратит 0 (тогда нужно воспользоваться функцией `PQerrorMessage` для получения дополнительной информации о сбое).

```
int PQsendQuery(PGconn *conn, const char *command);
```

После успешного вызова `PQsendQuery` вызовите `PQgetResult` один или несколько раз, чтобы получить результат. Функцию `PQsendQuery` нельзя вызвать повторно (на том же самом соединении) до тех пор, пока `PQgetResult` не вернёт нулевой указатель, означающий, что выполнение команды завершено.

`PQsendQueryParams`

Отправляет серверу команду и обособленные параметры, не ожидая получения результатов.

```
int PQsendQueryParams(PGconn *conn,
                      const char *command,
                      int nParams,
                      const Oid *paramTypes,
                      const char * const *paramValues,
                      const int *paramLengths,
                      const int *paramFormats,
                      int resultFormat);
```

Эта функция эквивалентна функции `PQsendQuery`, за исключением того, что параметры запроса можно указать отдельно от самой строки запроса. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция `PQexecParams`. Аналогично функции `PQexecParams`, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0, также она позволяет включить только одну команду в строку запроса.

`PQsendPrepare`

Посылает запрос на создание подготовленного оператора с данными параметрами и не дожидается завершения его выполнения.

```
int PQsendPrepare(PGconn *conn,
                  const char *stmtName,
                  const char *query,
                  int nParams,
                  const Oid *paramTypes);
```

Это асинхронная версия функции `PQprepare`. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию `PQgetResult`, чтобы определить, успешно ли создал сервер подготовленный оператор. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция `PQprepare`. Аналогично функции `PQprepare`, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

`PQsendQueryPrepared`

Посылает запрос на выполнение подготовленного оператора с данными параметрами, не ожидая получения результата.

```
int PQsendQueryPrepared(PGconn *conn,
                        const char *stmtName,
                        int nParams,
                        const char * const *paramValues,
                        const int *paramLengths,
                        const int *paramFormats,
                        int resultFormat);
```

Эта функция подобна функции `PQsendQueryParams`, но команда, которая должна быть выполнена, задаётся путём указания предварительно подготовленного оператора, вместо задания строки запроса. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция `PQexecPrepared`. Аналогично функции `PQexecPrepared`, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

`PQsendDescribePrepared`

Отправляет запрос на получение информации об указанном подготовленном операторе и не дожидается завершения выполнения запроса.

```
int PQsendDescribePrepared(PGconn *conn, const char *stmtName);
```

Это асинхронная версия функции `PQdescribePrepared`. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию `PQgetResult` для получения результата. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция `PQdescribePrepared`. Аналогично функции `PQdescribePrepared`, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

`PQsendDescribePortal`

Отправляет запрос на получение информации об указанном портале и не дожидается завершения выполнения запроса.

```
int PQsendDescribePortal(PGconn *conn, const char *portalName);
```

Это асинхронная версия функции `PQdescribePortal`. Она возвращает 1, если ей удалось отправить запрос, и 0 в противном случае. После её успешного вызова следует вызвать функцию `PQgetResult` для получения результата. Эта функция обрабатывает свои параметры точно так же, как и функция `PQdescribePortal`. Аналогично функции `PQdescribePortal`, данная функция не будет работать при подключениях по протоколу версии 2.0.

`PQgetResult`

Ожидает получения следующего результата после предшествующего вызова `PQsendQuery`, `PQsendQueryParams`, `PQsendPrepare`, `PQsendQueryPrepared`, `PQsendDescribePrepared` или `PQsendDescribePortal` и возвращает его. Когда команда завершена и результатов больше не будет, тогда возвращается нулевой указатель.

```
PGresult *PQgetResult(PGconn *conn);
```

Функция `PQgetResult` должна вызываться повторно до тех пор, пока она не вернёт нулевой указатель, означающий, что команда завершена. (Если она вызвана, когда нет ни одной активной команды, тогда `PQgetResult` просто возвратит нулевой указатель сразу же.) Каждый ненулевой результат, полученный от `PQgetResult`, должен обрабатываться с помощью тех же самых функций доступа к структуре `PGresult`, которые были описаны выше. Не забывайте освобождать память, занимаемую каждым результирующим объектом, с помощью функции `PQclear`, когда работа с этим объектом закончена. Обратите внимание, что `PQgetResult` заблокируется, только если какая-либо команда активна, а необходимые ответные данные ещё не были прочитаны функцией `PQconsumeInput`.

Примечание

Даже когда `PQresultStatus` показывает фатальную ошибку, все равно следует вызывать функцию `PQgetResult` до тех пор, пока она не возвратит нулевой указатель, чтобы позволить `libpq` полностью обработать информацию об ошибке.

Использование `PQsendQuery` и `PQgetResult` решает одну из проблем `PQexec`: если строка команды содержит несколько SQL-команд, то результаты каждой из них можно получить индивидуально. (Между прочим, это позволяет организовать частичное совмещение обработки: клиент может об-

рабатывать результаты одной команды, в то время как сервер ещё работает с более поздними запросами, содержащимися в той же самой строке-команде.)

Ещё одной часто требующейся функциональной возможностью, которую можно получить с помощью `PQsendQuery` и `PQgetResult`, является извлечение больших выборок по одной строке за раз. Это обсуждается в Разделе 34.5.

Сам по себе вызов `PQgetResult` всё же заставит клиента заблокироваться до тех пор, пока сервер не завершит выполнение следующей SQL-команды. Этого можно избежать с помощью надлежащего использования ещё двух функций:

`PQconsumeInput`

Если сервер готов передать данные, принять их.

```
int PQconsumeInput(PGconn *conn);
```

`PQconsumeInput` обычно возвращает 1, показывая, что «ошибки нет», но возвращает 0, если имелась какая-либо проблема (в таком случае можно обратиться к функции `PQerrorMessage` за уточнением). Обратите внимание, что результат не говорит, были ли какие-либо входные данные фактически собраны. После вызова функции `PQconsumeInput` приложение может проверить `PQisBusy` и/или `PQnotifies`, чтобы посмотреть, не изменилось ли их состояние.

`PQconsumeInput` можно вызвать, даже если приложение ещё не готово иметь дело с результатом или уведомлением. Функция прочитает доступные данные и сохранит их в буфере, при этом обрабатывая условие готовности к чтению функции `select()`. Таким образом, приложение может использовать `PQconsumeInput`, чтобы немедленно обработать это состояние `select()`, а изучать результаты позже.

`PQisBusy`

Возвращает 1, если команда занята работой, то есть функция `PQgetResult` была бы заблокирована в ожидании ввода. Возвращаемое значение 0 показывает, что функция `PQgetResult` при её вызове гарантированно не будет заблокирована.

```
int PQisBusy(PGconn *conn);
```

Функция `PQisBusy` сама не будет пытаться прочитать данные с сервера; следовательно, сначала нужно вызвать `PQconsumeInput`, иначе состояние занятости никогда не прекратится.

В типичном приложении, использующем эти функции, будет главный цикл, в котором функции `select()` или `poll()` служат для организации ожидания наступления всех условий, на которые цикл должен отвечать. Одним из условий будет наличие ввода, доступного от сервера, что в терминах функции `select()` означает наличие данных, готовых для чтения на файловом дескрипторе, идентифицируемом с помощью `PQsocket`. Когда главный цикл обнаруживает ввод, готовый для чтения, он должен вызвать `PQconsumeInput`, чтобы прочитать этот ввод. Затем он может вызвать `PQisBusy`, а после неё уже `PQgetResult`, если `PQisBusy` возвратит "ложь" (0). Главный цикл может также вызвать `PQnotifies`, чтобы обнаружить сообщения `NOTIFY` (см. Раздел 34.8).

Клиент, который использует `PQsendQuery/PQgetResult`, может также попытаться отменить команду, которая всё ещё обрабатывается сервером; см. Раздел 34.6. Но, независимо от возвращаемого значения функции `PQcancel`, приложение должно продолжать обычную последовательность операций чтения результатов запроса, используя `PQgetResult`. Успешная отмена просто заставит команду завершиться раньше, чем она сделала бы в противном случае.

Используя функции, описанные выше, можно избежать блокирования, ожидая ввода от сервера баз данных. Однако, всё же возможно, что приложение будет заблокировано в ожидании отправки вывода на сервер. Это бывает относительно нечасто, но может иметь место, если отправлены очень длинные SQL-команды или значения данных. (Однако, это значительно более вероятно, если приложение отправляет данные через команду `COPY IN`.) Чтобы предотвратить эту возможность и достичь совершенно неблокирующего режима работы с базой данных, можно использовать следующие дополнительные функции.

PQsetnonblocking

Устанавливает неблокирующий статус подключения.

```
int PQsetnonblocking(PGconn *conn, int arg);
```

Устанавливает состояние подключения как неблокирующее, если *arg* равен 1, или блокирующее, если *arg* равен 0. Возвращает 0 в случае успешного завершения и -1 в случае ошибки.

В неблокирующем состоянии вызовы PQsendQuery, PQputline, PQputnbytes, PQputCopyData и PQendcopy не будут блокироваться, а вместо этого возвратят ошибку, если вызов должен быть повторным.

Обратите внимание, что функция PQexec не соблюдает неблокирующий режим. Если она вызывается, она всё равно работает в блокирующем режиме.

PQisnonblocking

Возвращает режим блокирования для подключения базы данных.

```
int PQisnonblocking(const PGconn *conn);
```

Возвращает 1, если подключение установлено в неблокирующем режиме, и 0, если режим блокирующий.

PQflush

Пытается сбросить любые выходные данные, стоящие в очереди, на сервер. Возвращает 0 в случае успеха (или если очередь на отправку пуста), -1 в случае сбоя по какой-либо причине или 1, если она ещё не смогла отправить все данные, находящиеся в очереди (этот случай может иметь место, только если соединение неблокирующее).

```
int PQflush(PGconn *conn);
```

После отправки любой команды или данных через неблокирующее подключение следует вызвать функцию PQflush. Если она возвратит 1, подождите, пока сокет станет готовым к чтению или записи. Если он станет готовым к записи, то вызовите PQflush снова. Если он станет готовым к чтению, то вызовите PQconsumeInput, а затем вызовите PQflush снова. Повторяйте до тех пор, пока PQflush не возвратит 0. (Необходимо выполнять проверку на состояние готовности к чтению и забирать входные данные с помощью PQconsumeInput, потому что сервер может заблокироваться, пытаясь отправить нам данные, например, сообщения NOTICE, и не будет читать наши данные до тех пор, пока мы не прочитаем его.) Как только PQflush возвратит 0, подождите, пока сокет не станет готовым к чтению, а затем прочитайте ответ, как описано выше.

34.5. Построчное извлечение результатов запроса

Обычно libpq собирает весь результат выполнения SQL-команды и возвращает его приложению в виде единственной структуры PGresult. Это может оказаться неприемлемым для команд, которые возвращают большое число строк. В таких случаях приложение может воспользоваться функциями PQsendQuery и PQgetResult в *однострочном режиме*. В этом режиме результирующие строки передаются приложению по одной за один раз, по мере того, как они принимаются от сервера.

Для того чтобы войти в однострочный режим, вызовите PQsetSingleRowMode сразу же после успешного вызова функции PQsendQuery (или родственной функции). Выбор этого режима действителен только для текущего исполняющегося запроса. Затем повторно вызывайте функцию PQgetResult до тех пор, пока она не возвратит null, как описано в Раздел 34.4. Если запрос возвращает какое-то число строк, то они возвращаются в виде индивидуальных объектов PGresult, которые выглядят, как обычные выборки, за исключением того, что их код статуса будет PGRES_SINGLE_TUPLE вместо PGRES_TUPLES_OK. После последней строки (или сразу же, если запрос не возвращает ни одной строки) будет возвращён объект, не содержащий ни одной строки и имеющий статус PGRES_TUPLES_OK; это сигнал о том, что строк больше не будет. (Но обратите внимание, что всё же необходимо продолжать вызывать функцию PQgetResult, пока она не возвратит значение null.) Все эти объекты

`PGresult` будут содержать те же самые описательные данные (имена столбцов, типы и т. д.), которые имел бы обычный объект `PGresult`. Память, занимаемую каждым объектом, нужно освободить с помощью `PQclear`, как обычно.

`PQsetSingleRowMode`

Выбирает однострочный режим для текущего выполняющегося запроса.

```
int PQsetSingleRowMode(PGconn *conn);
```

Эту функцию можно вызывать только непосредственно после функции `PQsendQuery` или одной из её родственных функций, до выполнения любой другой операции на этом подключении, такой, как `PQconsumeInput` или `PQgetResult`. Будучи вызванной своевременно, функция активирует однострочный режим для текущего запроса и возвращает 1. В противном случае режим остаётся не изменённым, а функция возвращает 0. В любом случае режим возвращается в нормальное состояние после завершения текущего запроса.

Внимание

В процессе обработки запроса сервер может вернуть некоторое количество строк, а затем столкнуться с ошибкой, вынуждающей его аварийно завершить запрос. Обычно `libpq` отбрасывает такие строки и сообщает только об ошибке. Но в однострочном режиме эти строки уже будут возвращены приложению. Следовательно, приложение увидит ряд объектов `PGresult`, имеющих статус `PGRES_SINGLE_TUPLE`, за которыми последует объект со статусом `PGRES_FATAL_ERROR`. Для обеспечения надлежащего поведения транзакций приложение должно быть спроектировано таким образом, чтобы отбрасывать или отменять все операции, проведённые с уже обработанными строками, если запрос в конечном итоге завершается сбоем.

34.6. Отмена запросов в процессе выполнения

Клиентское приложение может запросить отмену команды, которая ещё обрабатывается сервером, используя функции, описанные в этом разделе.

`PQgetCancel`

Создаёт структуру данных, содержащую информацию, необходимую для отмены команды, запущенной через конкретное подключение к базе данных.

```
PGcancel *PQgetCancel(PGconn *conn);
```

Функция `PQgetCancel` создаёт объект `PGcancel`, получив объект `PGconn`, описывающий подключение. Она возвратит `NULL`, если данный параметр `conn` равен `NULL` или представляет собой недействительное подключение. Объект `PGcancel` является непрозрачной структурой, которая не предназначена для того, чтобы приложение обращалось к ней напрямую; её можно только передавать функции `PQcancel` или `PQfreeCancel`.

`PQfreeCancel`

Освобождает память, занимаемую структурой данных, созданной функцией `PQgetCancel`.

```
void PQfreeCancel(PGcancel *cancel);
```

`PQfreeCancel` освобождает память, занимаемую объектом, предварительно созданным функцией `PQgetCancel`.

`PQcancel`

Требуется, чтобы сервер прекратил обработку текущей команды.

```
int PQcancel(PGcancel *cancel, char *errbuf, int errbufsize);
```

Возвращаемое значение равно 1, если запрос на отмену был успешно отправлен, и 0 в противном случае. В случае неудачной отправки *errbuf* заполняется пояснительным сообщением об ошибке. *errbuf* должен быть массивом символов, имеющим размер *errbufsize* (рекомендуемый размер составляет 256 байтов).

Успешная отправка ещё не является гарантией того, что запрос будет иметь какой-то эффект. Если отмена сработала, текущая команда завершится досрочно и возвратит в качестве результата ошибку. Если же отмена не получится (например, потому, что сервер уже завершил обработку команды), тогда вообще не будет видимого результата.

PQcancel можно безопасно вызывать из обработчика сигнала, если *errbuf* является локальной переменной в обработчике сигнала. Объект *PGcancel* доступен только в режиме чтения, пока речь идёт о функции *PQcancel*, поэтому её можно также вызывать из потока, отдельного от того, который управляет объектом *PGconn*.

PQrequestCancel

PQrequestCancel является нерекомендуемым вариантом функции *PQcancel*.

```
int PQrequestCancel(PGconn *conn);
```

Выдаёт запрос на то, чтобы сервер прекратил обработку текущей команды. Функция работает напрямую с объектом *PGconn* и в случае сбоя сохраняет сообщение об ошибке в объекте *PGconn* (откуда его можно извлечь с помощью *PQerrorMessage*). Хотя функциональность та же самая, этот подход создаёт риски для многопоточных программ и обработчиков сигналов, поскольку возможно, что перезапись сообщения об ошибке, хранящегося в объекте *PGconn*, внесёт путаницу в текущую операцию, выполняемую на данном подключении.

34.7. Интерфейс быстрого пути

PostgreSQL предоставляет интерфейс для передачи серверу простых вызовов функций по быстрому пути.

Подсказка

Этот интерфейс несколько устарел, поскольку можно достичь подобной производительности и большей функциональности путём создания подготовленного оператора, определяющего вызов функции. Последующее выполнение этого оператора с передачей параметров и результатов в двоичном виде можно считать заменой вызову по быстрому пути.

Функция *PQfn* запрашивает выполнение серверной функции посредством интерфейса быстрого доступа:

```
PGresult *PQfn(PGconn *conn,
               int fnid,
               int *result_buf,
               int *result_len,
               int result_is_int,
               const PQArgBlock *args,
               int nargs);
```

```
typedef struct
{
    int len;
    int isint;
    union
    {
```

```

    int *ptr;
    int integer;
} u;
} PQArgBlock;

```

Аргумент *fnid* представляет собой OID функции, которая подлежит выполнению. *args* и *nargs* определяют параметры, которые должны быть переданы этой функции; они должны соответствовать списку аргументов объявленной функции. Когда поле *isint* структуры, передаваемой в качестве параметра, имеет значение "истина", тогда значение *u.integer* передаётся серверу в виде целого числа указанной длины (это должно быть 2 или 4 байта); при этом устанавливается нужный порядок байтов. Когда *isint* имеет значение "ложь", тогда указанное число байтов по адресу **u.ptr* отправляется без какой-либо обработки; данные должны быть представлены в формате, которого ожидает сервер для передачи в двоичном виде данных того типа, что и аргументы функции. (Объявление поля *u.ptr*, как имеющего тип *int **, является историческим; было бы лучше рассматривать его как тип *void **.) *result_buf* указывает на буфер, в который должно быть помещено возвращаемое значение функции. Вызывающий код должен выделить достаточное место для сохранения возвращаемого значения. (Это никак не проверяется!) Фактическая длина результирующего значения в байтах будет возвращена в переменной целого типа, на которую указывает *result_len*. Если ожидается получение двух- или четырёхбайтового целочисленного результата, то присвойте параметру *result_is_int* значение 1, в противном случае назначьте ему 0. Когда параметр *result_is_int* равен 1, libpq переставляет байты в передаваемом значении, если это необходимо, так, чтобы оно было доставлено на клиентскую машину в виде правильного значения типа *int*; обратите внимание, что по адресу **result_buf* доставляется четырёхбайтовое целое для любого допустимого размера результата. Когда *result_is_int* равен 0, тогда строка байтов в двоичном формате, отправленная сервером, будет возвращена немодифицированной. (В этом случае лучше рассматривать *result_buf* как имеющий тип *void **.)

PQfn всегда возвращает действительный указатель на объект PGresult. Перед использованием результата нужно сначала проверить его статус. Вызывающая функция отвечает за освобождение памяти, занимаемой объектом PGresult, когда он больше не нужен, с помощью PQclear.

Обратите внимание, что при использовании этого интерфейса невозможно обработать NULL в аргументах и результате, а также множества значений в результате.

34.8. Асинхронное уведомление

PostgreSQL предлагает асинхронное уведомление посредством команд LISTEN и NOTIFY. Клиентский сеанс работы регистрирует свою заинтересованность в конкретном канале уведомлений с помощью команды LISTEN (и может остановить прослушивание с помощью команды UNLISTEN). Все сеансы, прослушивающие конкретный канал, будут уведомляться в асинхронном режиме, когда в рамках любого сеанса команда NOTIFY выполняется с параметром, указывающим имя этого канала. Для передачи дополнительных данных прослушивающим сеансам может использоваться строка «payload».

Приложения, использующие libpq, отправляют серверу команды LISTEN, UNLISTEN и NOTIFY, как обычные SQL-команды. Прибытие сообщений от команды NOTIFY можно впоследствии обнаружить с помощью вызова функции PQnotifies.

Функция PQnotifies возвращает следующее уведомление из списка необработанных уведомительных сообщений, полученных от сервера. Она возвращает нулевой указатель, если нет уведомлений, ожидающих обработки. Как только уведомление возвращено из функции PQnotifies, оно считается обработанным и будет удалено из списка уведомлений.

```
PGnotify *PQnotifies(PGconn *conn);
```

```

typedef struct pgNotify
{
    char *relname;           /* имя канала уведомлений */
    int be_pid;              /* ID серверного процесса, посылающего уведомление */

```

```
char *extra;                /* строка сообщения в уведомлении */
} PGnotify;
```

После обработки объекта `PGnotify`, возвращённого функцией `PQnotifies`, обязательно освободите память, занимаемую им, с помощью функции `PQfreemem`. Достаточно освободить указатель на `PGnotify`; поля `relname` и `extra` не представляют отдельных областей памяти. (Имена этих полей являются таковыми по историческим причинам; в частности, имена каналов не обязаны иметь ничего общего с именами реляционных отношений.)

Пример 34.2 представляет пример программы, иллюстрирующей использование асинхронного уведомления.

Функция `PQnotifies` в действительности не читает данные с сервера; она просто возвращает сообщения, предварительно собранные другой функцией библиотеки `libpq`. В очень старых выпусках `libpq` обеспечить своевременное получения сообщений от команды `NOTIFY` можно было только одним способом — постоянно отправлять команды, пусть даже пустые, а затем проверять `PQnotifies` после каждого вызова `PQexec`. Хотя этот метод всё ещё работает, он считается устаревшим ввиду неэффективного использования процессора.

Более хорошим способом проверки наличия сообщений от команды `NOTIFY`, когда у вас нет полезных команд для выполнения, является вызов функции `PQconsumeInput` с последующей проверкой `PQnotifies`. Вы можете использовать `select()`, чтобы подождать прибытия данных с сервера, тем самым не используя мощности CPU, если нет полезной работы. (См. `PQsocket` насчёт получения номера файлового дескриптора для использования его с `select()`.) Обратите внимание, что это будет хорошо работать, независимо от того, отправляете ли вы команды с помощью `PQsendQuery/PQgetResult` или просто используете `PQexec`. Следует, однако, не забывать проверять `PQnotifies` после каждого вызова `PQgetResult` или `PQexec`, чтобы увидеть, не прибыли ли какие-либо уведомления в процессе обработки команды.

34.9. Функции, связанные с командой COPY

Команда `COPY` в PostgreSQL имеет возможность читать и записывать данные через сетевое подключение, установленное `libpq`. Описанные в этом разделе функции позволяют приложениям воспользоваться этой возможностью для передачи или приёма копируемых данных.

Общая процедура такова: сначала приложение выдаёт SQL-команду `COPY`, вызывая `PQexec` или одну из подобных функций. В ответ оно должно получить (если не возникла ошибка) объект `PGresult` с кодом состояния `PGRES_COPY_OUT` или `PGRES_COPY_IN` (в зависимости от направления копирования). Затем приложение должно использовать функции, описанные в этом разделе, и принимать или передавать строки данных. По завершении передачи возвращается ещё один объект `PGresult`, сообщающий о состоянии завершения передачи. В случае успеха он содержит код состояния `PGRES_COMMAND_OK`, а если возникает какая-то проблема — `PGRES_FATAL_ERROR`. После этого можно продолжать выполнять SQL-команды через `PQexec`. (Пока операция `COPY` не завершена, выполнять другие SQL-команды через то же подключение нельзя.)

Если команда `COPY` была выполнена через `PQexec` в строке, содержащей дополнительные команды, приложение должно продолжить получать результаты через `PQgetResult` после завершения последовательности `COPY`. Только когда `PQgetResult` возвращает `NULL`, можно с уверенностью считать, что командная строка `PQexec` выполнена полностью, и безопасно передавать другие команды.

Функции, описанные в этом разделе, должны выполняться только после получения кода состояния `PGRES_COPY_OUT` или `PGRES_COPY_IN` от функции `PQexec` или `PQgetResult`.

Объект `PGresult` с таким кодом состояния содержит дополнительные данные о начавшейся операции `COPY`. Эти данные можно получить функциями, также применяющимися при обработке результатов запроса:

```
PQnfields
```

Возвращает число копируемых столбцов (полей).

PQbinaryTuples

Значение 0 указывает, что для всей операции копирования применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат. За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

PQffformat

Возвращает код формата (0 — текстовый, 1 — двоичный), связанный с каждым копируемым столбцом. Коды форматов столбцов всегда будут нулевыми, если общий формат копирования — текстовый, но с двоичным форматом поддерживаются и текстовые, и двоичные столбцы. (Однако в текущей реализации COPY при двоичном копировании столбцы могут быть только двоичными, так что форматы столбцов должны всегда соответствовать общему формату.)

Примечание

Эти дополнительные значения данных доступны только при использовании протокола 3.0. С протоколом 2.0 все эти функции возвращают 0.

34.9.1. Функции для передачи данных COPY

Эти функции применяются для передачи данных при операции COPY FROM STDIN. Они не будут работать, если подключение находится не в состоянии COPY_IN.

PQputCopyData

Отправляет данные на сервер, когда активно состояние COPY_IN.

```
int PQputCopyData(PGconn *conn,
                  const char *buffer,
                  int nbytes);
```

Передаёт серверу данные COPY из указанного буфера (*buffer*), длиной *nbytes* байт. Она возвращает 1, если данные были переданы, 0, если они не попали в очередь, так как буферы были заполнены (это возможно только в неблокирующем режиме), или -1, если произошла ошибка. (Если возвращено -1, подробности ошибки можно узнать, вызвав PQerrorMessage. Если получен 0, дождитесь состояния готовности к записи и повторите попытку.)

Приложение может разделять поток данных COPY на буферизуемые блоки любого удобного размера. Границы буфера не имеют семантического значения при передаче. Содержимое потока данных должно соответствовать формату данных, ожидаемому командой COPY; за подробностями обратитесь к COPY.

PQputCopyEnd

Отправляет признак конца данных на сервер, когда активно состояние COPY_IN.

```
int PQputCopyEnd(PGconn *conn,
                 const char *errmsg);
```

Завершает операцию COPY_IN с успешным результатом, если в *errmsg* передаётся NULL. Если *errmsg* не NULL, команда COPY будет завершена с ошибкой, а сообщением об ошибке будет строка, переданная в *errmsg*. (Однако не следует полагать, что именно это сообщение будет получено от сервера назад, так как сервер мог уже прервать операцию COPY по своим причинам. Также заметьте, что принудительный вызов ошибки не работает с соединениями по протоколу версии до 3.0.)

Эта функция возвращает 1, если сообщение завершения было передано; в неблокирующем режиме это означает только, что сообщение завершения успешно поставлено в очередь. (Чтобы

удостовериться, что данные были успешно отправлены в неблокирующем режиме, следует дождаться готовности к записи и вызывать `PQflush` в цикле, пока она не вернёт ноль.) Нулевой результат означает, что функция не смогла поставить сообщение завершения в очередь по причине заполнения буферов; это возможно только в неблокирующем режиме. (В этом случае нужно дождаться готовности к записи и попытаться вызвать `PQputCopyEnd` снова.) Если действительно происходит ошибка, возвращается -1; получить её подробности можно, вызвав `PQerrorMessage`.

После успешного вызова `PQputCopyEnd` вызовите `PQgetResult`, чтобы узнать окончательный результат команды `COPY`. Ожидать появления этого результата можно обычным образом. Затем вернитесь к обычным операциям.

34.9.2. Функции для приёма данных `COPY`

Эти функции применяются для получения данных при операции `COPY TO STDOUT`. Они не будут работать, если подключение находится не в состоянии `COPY_OUT`.

`PQgetCopyData`

Принимает данные от сервера, когда активно состояние `COPY_OUT`.

```
int PQgetCopyData(PGconn *conn,
                  char **buffer,
                  int async);
```

Запрашивает следующую строку данных с сервера в процессе операции `COPY`. Данные всегда возвращаются строка за строкой; если поступила только часть строки, она не возвращается. Успешное получение строки данных подразумевает выделение блока памяти для этих данных. В параметре *buffer* ей передаётся указатель, отличный от `NULL`. По адресу **buffer* записывается указатель на выделенную память, либо `NULL`, когда буфер не возвращается. Если буфер результата отличен от `NULL`, его следует освободить, когда он станет не нужен, вызвав `PQfreemem`.

Когда строка получена успешно, возвращается число байт данных в этой строке (это число всегда больше нуля). Возвращаемое строковое значение всегда завершается нулём, хотя это полезно, вероятно, только для текстовой `COPY`. Нулевой результат означает, что операция `COPY` продолжает выполняться, но строка ещё не готова (это возможно, только когда параметр *async* равен `true`). Возвращённое значение -1 означает, что команда `COPY` завершена, а -2 показывает, что произошла ошибка (её причину можно узнать с помощью `PQerrorMessage`).

Когда параметр *async* равен `true` (отличен от нуля), функция `PQgetCopyData` не будет блокироваться, ожидая данных; она возвратит ноль, если выполнение `COPY` продолжается, но полная строка ещё не получена. (В этом случае нужно дождаться готовности к чтению и затем вызвать `PQconsumeInput`, прежде чем вызывать `PQgetCopyData` ещё раз.) Когда *async* равен `false` (нулю), `PQgetCopyData` будет заблокирована до поступления данных или окончания операции.

Когда `PQgetCopyData` возвращает -1, вызовите `PQgetResult`, чтобы узнать окончательный результат команды `COPY`. Ожидать появления этого результата можно обычным образом. Затем вернитесь к обычным операциям.

34.9.3. Устаревшие функции для `COPY`

Эти функции представляют старые методы выполнения операции `COPY`. Хотя они продолжают работать, они признаны устаревшими из-за плохой обработки ошибок, неудобных способов обнаружения конца данных и отсутствия поддержки двоичных или неблокирующих передач.

`PQgetline`

Читает передаваемую сервером строку символов, завершающуюся символом новой строки, в буфер (*buffer*) размера *length*.

```
int PQgetline(PGconn *conn,
              char *buffer,
```

```
int length);
```

Эта функция копирует *length-1* символов в буфер и преобразует символ конца строки в нулевой байт. PQgetline возвращает EOF в конце ввода, 0, если была прочитана вся строка, и 1, если буфер заполнен, но завершающий символ конца строки ещё не прочитан.

Заметьте, что приложение должно проверить, не состоит ли новая строка в точности из двух символов \., что будет означать, что сервер завершил передачу результатов команды COPY. Если приложение может принимать строки длиннее *length-1* символов, необходимо позаботиться о том, чтобы оно корректно распознавало строку \. (а не воспринимало, например, конец длинной строки данных как завершающую строку).

PQgetlineAsync

Читает передаваемую сервером строку данных COPY в буфер без блокировки.

```
int PQgetlineAsync(PGconn *conn,
                  char *buffer,
                  int bufsize);
```

Эта функция похожа на PQgetline, но может применяться в приложениях, которые должны читать данные COPY асинхронно, то есть, без блокировки. Запустив команду COPY и получив ответ PGRES_COPY_OUT, приложение должно вызывать PQconsumeInput и PQgetlineAsync, пока не будет получен сигнал конца данных.

В отличие от PQgetline, эта функция сама отвечает за обнаружение конца данных.

При каждом вызове PQgetlineAsync будет возвращать данные, если во входном буфере libpq оказывается полная строка данных. В противном случае никакие данные не возвращаются до поступления остального содержимого строки. Эта функция возвращает -1, если обнаруживается признак завершения копирования, или 0, если данные не получены, или положительное количество возвращённых байт данных. Если возвращается -1, вызывающий код должен затем вызвать PQendcopy и после этого перейти в обычный режим работы.

Возвращаемые данные не будут пересекать границы строк данных. При этом может быть возвращена одна строка целиком. Но если буфер, выделенный вызывающим кодом, оказывается слишком мал для строки, передаваемой сервером, возвращена будет часть строки. Когда передаются текстовые данные, это можно выявить, проверив, содержит ли последний возвращаемый байт символ \n. (Для COPY в двоичном формате потребуется собственно разобрать формат данных COPY, чтобы выявить подобную ситуацию.) Возвращаемая строка не завершается нулём. (Если вы хотите получить строку с нулём в конце, передайте в *bufsize* число на единицу меньше фактического размера блока.)

PQputline

Передаёт серверу строку, завершённую нулём. Возвращает 0 в случае успеха, либо EOF, если передать строку не удаётся.

```
int PQputline(PGconn *conn,
              const char *string);
```

Поток данных COPY, передаваемых последовательностью вызовов PQputline, имеет тот же формат, что возвращает PQgetlineAsync, за исключением того, что приложения не обязательно должны передавать по одной строке данных за вызов PQputline; они могут посылать части строк или сразу несколько строк.

Примечание

До версии 3.0 протокола PostgreSQL приложение должно было явно отправлять два символа \. последней строкой, чтобы сообщить серверу, что оно закончило переда-

чу данных COPY. Хотя это по-прежнему работает, такое поведение считается устаревшим и ожидается, что особое значение \. будет исключено в будущих версиях. Передав собственно данные, сейчас достаточно вызвать PQendcopy.

PQputnbytes

Передаёт серверу строку, не завершённую нулём. Возвращает 0 в случае успеха, либо EOF, если передать строку не удаётся.

```
int PQputnbytes(PGconn *conn,
               const char *buffer,
               int nbytes);
```

Поведение этой функции не отличается от PQputline, но её буфер данных не должен содержать завершающий ноль, так как для неё число передаваемых байт задаётся непосредственно. Используйте эту функцию для передачи двоичных данных.

PQendcopy

Производит синхронизацию с сервером.

```
int PQendcopy(PGconn *conn);
```

Эта функция ожидает завершения копирования сервером. Её следует вызывать, либо когда серверу была передана последняя строка функцией PQputline, либо когда от сервера была получена последняя строка функцией PGgetline. Если её не вызвать, сервер «потеряет синхронизацию» с клиентом. После завершения этой функции сервер готов принимать следующую команду SQL. В случае успешного завершения возвращается 0, в противном случае — ненулевое значение. (Чтобы получить подробности ошибки при ненулевом значении, вызовите PQerrorMessage.)

Вызывая PQgetResult, приложение должно обрабатывать результат PGRES_COPY_OUT, в цикле выполняя PQgetline, а обнаружив завершающую строку, вызвать PQendcopy. Затем оно должно вернуться к циклу PQgetResult, и выйти из него, когда PQgetResult возвратит нулевой указатель. Подобным образом, получив результат PGRES_COPY_IN, приложение должно выполнить серию вызовов PQputline, завершить её, вызвав PQendcopy, а затем вернуться к циклу PQgetResult. При такой организации обработки команда COPY будет корректно выполняться и в составе последовательности команд SQL.

Старые приложения обычно передают команду COPY через PQexec и рассчитывают, что транзакция будет завершена после PQendcopy. Это будет работать, только если команда COPY является единственной SQL-командой в строке команд.

34.10. Функции управления

Эти функции управляют различными аспектами поведения libpq.

PQclientEncoding

Возвращает кодировку клиента.

```
int PQclientEncoding(const PGconn *conn);
```

Заметьте, что она возвращает идентификатор кодировки, а не символьную строку вида EUC_JP. В случае ошибки она возвращает -1. Преобразовать идентификатор кодировки в имя можно, воспользовавшись следующей функцией:

```
char *pg_encoding_to_char(int encoding_id);
```

PQsetClientEncoding

Устанавливает кодировку клиента.

```
int PQsetClientEncoding(PGconn *conn, const char *encoding);
```

В *conn* передаётся соединение с сервером, а в *encoding* — имя требуемой кодировки. Если функция устанавливает кодировку успешно, она возвращает 0, или -1 в противном случае. Определить текущую кодировку для соединения можно, воспользовавшись функцией `PQclientEncoding`.

`PQsetErrorVerbosity`

Определяет уровень детализации сообщений, возвращаемых функциями `PQerrorMessage` и `PQresultErrorMessage`.

```
typedef enum
{
    PQERRORS_TERSE,
    PQERRORS_DEFAULT,
    PQERRORS_VERBOSE
} PGVerbosity;
```

```
PGVerbosity PQsetErrorVerbosity(PGconn *conn, PGVerbosity verbosity);
```

`PQsetErrorVerbosity` устанавливает уровень детализации и возвращает предыдущее значение для соединения. В «лаконичном» режиме (*TERSE*) возвращаемые сообщения содержат только уровень серьёзности, основной текст и позицию; всё это обычно умещается в одной строке. В режиме по умолчанию выдаваемые сообщения дополнительно содержат поля подробного описания, подсказки или контекста (они могут занимать несколько строк). В «многословном» режиме (*VERBOSE*) передаются все доступные поля сообщения. Изменение уровня детализации не влияет на сообщения, уже сформированные в существующих объектах `PGresult`, а затрагивает только последующие сообщения. (Но можно воспользоваться `PQresultVerboseErrorMessage`, чтобы получить предыдущую ошибку с другим уровнем детализации.)

`PQsetErrorContextVisibility`

Определяет вариант обработки полей КОНТЕКСТ в сообщениях, возвращаемых функциями `PQerrorMessage` и `PQresultErrorMessage`.

```
typedef enum
{
    PQSHOW_CONTEXT_NEVER,
    PQSHOW_CONTEXT_ERRORS,
    PQSHOW_CONTEXT_ALWAYS
} PGContextVisibility;
```

```
PGContextVisibility PQsetErrorContextVisibility(PGconn *conn, PGContextVisibility
show_context);
```

`PQsetErrorContextVisibility` устанавливает режим вывода контекста сообщений и возвращает предыдущее значение. В зависимости от этого режима, поле КОНТЕКСТ может включаться в сообщения или нет (если только не выбран уровень детализации *TERSE*, при котором КОНТЕКСТ не выводится никогда). В режиме *NEVER* поле КОНТЕКСТ не выводится никогда, а в режиме *ALWAYS*, выводится всегда (если оно имеется). В режиме *ERRORS* (по умолчанию), поля КОНТЕКСТ включаются только в сообщения об ошибках, но не в уведомления или предупреждения. Изменение этого уровня не влияет на сообщения, уже сформированные в существующих объектах `PGresult`, а затрагивает только последующие сообщения. (Но можно воспользоваться `PQresultVerboseErrorMessage`, чтобы получить предыдущую ошибку с другим режимом вывода контекста.)

`PQtrace`

Включает трассировку клиент-серверного взаимодействия с выводом в поток отладочных сообщений.

```
void PQtrace(PGconn *conn, FILE *stream);
```

Примечание

В Windows, если библиотека libpq и приложение скомпилированы с разными флагами, эта функция может вызвать крах приложения из-за различий внутреннего представления указателей FILE. В частности, флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки должны быть одинаковыми для библиотеки и всех использующих её приложений.

PQuntrace

Выключает трассировку, запущенную функцией PQtrace.

```
void PQuntrace(PGconn *conn);
```

34.11. Функции разного назначения

Как всегда, находятся функции, которые не попадают ни в одну из категорий.

PQfreemem

Освобождает память, которую выделила libpq.

```
void PQfreemem(void *ptr);
```

Освобождает память, выделенную библиотекой libpq, а именно функциями PQescapeByteaConn, PQescapeBytea, PQunescapeBytea и PQnotifies. Особенно важно использовать именно эту функцию, а не free(), в Microsoft Windows. Это связано с тем, что выделение памяти в DLL и освобождение её в приложении будет работать, только если флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки для DLL и приложения полностью совпадают. На других платформах эта функция действует так же, как стандартная библиотечная функция free().

PQconninfoFree

Освобождает структуры данных, выделенные функциями PQconndefaults и PQconninfoParse.

```
void PQconninfoFree(PQconninfoOption *connOptions);
```

Простая функция PQfreemem не подойдёт для этого, так как эти структуры содержат ссылки на подчинённые строки.

PQencryptPasswordConn

Подготавливает зашифрованную форму пароля PostgreSQL.

```
char *PQencryptPasswordConn(PGconn *conn, const char *passwd, const char *user,
                             const char *algorithm);
```

Эта функция предназначена для клиентских приложений, желающих передавать команды вида ALTER USER joe PASSWORD 'pwd'. В такой команде лучше не передавать исходный пароль открытым текстом, так как он может появиться в журналах команд, мониторе активности и т. д. Вместо этого воспользуйтесь данной функцией и переведите пароль в зашифрованную форму.

В аргументах passwd и user задаётся пароль в открытом виде и SQL-имя пользователя, для которого он задаётся. В аргументе algorithm задаётся алгоритм для шифрования пароля. В настоящее время поддерживаются алгоритмы md5 и scram-sha-256 (в качестве альтернативных обозначений md5 для совместимости со старыми версиями сервера поддерживаются значения on и off). Заметьте, что поддержка scram-sha-256 появилась в PostgreSQL версии 10 и

со старыми версиями серверов этот вариант работать не будет. Если *algorithm* равен `NULL`, эта функция запросит у сервера текущее значение параметра `password_encryption`. При этом возможна блокировка и отказ при выполнении функции, если текущая транзакция прерывается или если в текущем соединении выполняется другой запрос. Если вы хотите использовать алгоритм по умолчанию для данного сервера, но при этом избежать блокировки, получите значение `password_encryption` самостоятельно до вызова `PQencryptPasswordConn`, и передайте его в параметре *algorithm*.

Эта функция возвращает строку, выделенную функцией `malloc`. Вызывающий код может рассчитывать на то, что эта строка не содержит никаких спецсимволов, требующих экранирования. Закончив работу с ней, освободите память, вызвав `PQfreemem`. В случае ошибки эта функция возвращает `NULL`, а соответствующее сообщение помещается в объект соединения.

`PQencryptPassword`

Подготавливает зашифрованную md5 форму пароля PostgreSQL.

```
char *PQencryptPassword(const char *passwd, const char *user);
```

`PQencryptPassword` — старая, подлежащая ликвидации версия `PQencryptPasswodConn`. Отличие состоит в том, что для `PQencryptPassword` не требуется объект соединения, а в качестве алгоритма шифрования всегда используется md5.

`PQmakeEmptyPGresult`

Конструирует пустой объект `PGresult` с указанным состоянием.

```
PGresult *PQmakeEmptyPGresult(PGconn *conn, ExecStatusType status);
```

Это внутренняя функция `libpq`, выделяющая память и инициализирующая пустой объект `PGresult`. Эта функция возвращает `NULL`, если не может выделить память. Она сделана экспортируемой, так как некоторые приложения находят полезным создавать объекты результатов (в частности, объекты с состоянием ошибки) самостоятельно. Если в *conn* передаётся не `null` и *status* указывает на ошибку, в `PGresult` копируется текущее сообщение об ошибке для заданного соединения. Также, если в *conn* передаётся не `null`, в `PGresult` копируются все процедуры событий, зарегистрированные для этого соединения. (При этом вызовы `PGEVT_RESULTCREATE` не выполняются; см. описание `PQfireResultCreateEvents`.) Заметьте, что в конце для этого объекта следует вызвать `PQclear`, как и для объекта `PGresult`, возвращённого самой библиотекой `libpq`.

`PQfireResultCreateEvents`

Вызывает событие `PGEVT_RESULTCREATE` (см. Раздел 34.13) для каждой процедуры событий, зарегистрированной в объекте `PGresult`. Возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в случае ошибки в одной из процедур.

```
int PQfireResultCreateEvents(PGconn *conn, PGresult *res);
```

Аргумент *conn* передаётся процедурам событий, но непосредственно не используется. Он может быть равен `NULL`, если он не нужен процедурам событий.

Процедуры событий, уже получившие событие `PGEVT_RESULTCREATE` или `PGEVT_RESULTCOPY` для этого объекта, больше не вызываются.

Основная причина отделения этой функции от `PQmakeEmptyPGresult` в том, что часто требуется создать объект `PGresult` и наполнить его данными, прежде чем вызывать процедуры событий.

`PQcopyResult`

Создаёт копию объекта `PGresult`. Эта копия никак не связана с исходным результатом и поэтому, когда она становится не нужна, необходимо вызвать `PQclear`. Если функция завершается ошибкой, она возвращает `NULL`.

```
PGresult *PQcopyResult(const PGresult *src, int flags);
```

Создаваемая копия не будет точной. В возвращаемый результат всегда помещается состояние `PGRES_TUPLES_OK` и в него не копируются никакие сообщения об ошибках из исходного объекта. (Однако в него копируется строка состояния команды.) Что ещё в него будет копироваться, определяет аргумент *flags*, в котором складываются несколько флагов. Флаг `PG_COPYRES_ATTRS` включает копирование атрибутов исходного объекта (определений столбцов), а флаг `PG_COPYRES_TUPLES` включает копирование кортежей из исходного объекта (при этом также копируются и атрибуты.) Флаг `PG_COPYRES_NOTICENOOKS` включает копирование обработчиков замечаний, а флаг `PG_COPYRES_EVENTS` — событий из исходного объекта результата. (Но любые данные, связанные с экземпляром исходного объекта, не копируются.)

`PQsetResultAttrs`

Устанавливает атрибуты объекта `PGresult`.

```
int PQsetResultAttrs(PGresult *res, int numAttributes, PGresAttDesc *attDescs);
```

Предоставленная структура *attDescs* копируется в результат. Если указатель *attDescs* равен `NULL` или *numAttributes* меньше одного, запрос игнорируется и функция выполняется без ошибки. Если *res* уже содержит атрибуты, функция завершается ошибкой. В случае ошибки функция возвращает ноль, а в обратном случае — ненулевое значение.

`PQsetvalue`

Устанавливает значение поля кортежа в объекте `PGresult`.

```
int PQsetvalue(PGresult *res, int tup_num, int field_num, char *value, int len);
```

Эта функция автоматически увеличивает внутренний массив кортежей при необходимости. Однако значение *tup_num* должно быть меньше или равно `PQntuples`, что означает, что эта функция может увеличивать массив кортежей только на один кортеж. Но в существующем кортеже любые поля могут изменяться в любом порядке. Если значение в поле с номером *field_num* уже существует, оно будет перезаписано. Если *len* равно -1 или *value* равно `NULL`, в поле будет записано значение SQL `NULL`. Устанавливаемое значение (*value*) копируется в закрытую область объекта результата, так что от него можно избавиться после завершения функции. Если функция завершается ошибкой, она возвращает ноль, а в обратном случае — ненулевое значение.

`PQresultAlloc`

Выделяет подчинённую область памяти для объекта `PGresult`.

```
void *PQresultAlloc(PGresult *res, size_t nBytes);
```

Любая память, выделенная этой функцией, будет освобождена при очистке объекта *res*. В случае ошибки эта функция возвращает `NULL`. Результат гарантированно выравнивается должным образом для любого типа данных, как и при `malloc`.

`PQlibVersion`

Возвращает версию используемой библиотеки `libpq`.

```
int PQlibVersion(void);
```

По результату этой функции можно во время выполнения определить, предоставляется ли определённая функциональность загруженной в данный момент версией `libpq`. Эта функция может использоваться, например, чтобы понять, какие параметры соединения может принять `PQconnectdb`.

Это число формируется в результате умножения номера основной версии библиотеки на 10000 и добавления номера дополнительной версии. Например, для версии 10.1 будет выдано 100001, а для версии 11.0 — 110000.

До версии 10, в PostgreSQL номера версий образовывались из трёх чисел, первые два из которых представляли основную версию. Для таких версий `PQlibVersion` отводит на каждое число по две цифры; например, для версии 9.1.5 будет выдано 90105, а для версии 9.2.0 — 90200.

Таким образом, чтобы получить логический номер версии для определения доступности функционала, приложения должны разделить результат `PQlibVersion` на 100, а не на 10000. Во всех сериях номера дополнительных (корректирующих) выпусков различаются только в двух последних цифрах.

Примечание

Эта функция появилась в PostgreSQL версии 9.1, поэтому с её помощью нельзя проверить функциональность предыдущих версий, так как при вызове её будет создана зависимость от версии 9.1 или новее.

34.12. Обработка замечаний

Сообщения с замечаниями и предупреждениями, выдаваемые сервером, не возвращаются функциями, выполняющими запросы, так как они не свидетельствуют об ошибке в запросе. Вместо этого они передаются функции обработки замечаний и после завершения этой функции выполнение продолжается как обычно. Стандартная функция обработки замечаний выводит сообщение в `stderr`, но приложение может переопределить это поведение, предоставив собственный обработчик.

По историческим причинам обработка замечаний выполняется на двух уровнях, приёмником замечаний и обработчиком замечаний. По умолчанию приёмник замечаний форматирует замечание и передаёт сформированную строку обработчику замечаний для вывода. Однако приложения, которые реализуют свой приёмник замечаний, обычно просто игнорируют слой обработчика и выполняют все действия в коде приёмника.

Функция `PQsetNoticeReceiver` устанавливает или возвращает текущий приёмник замечаний для объекта соединения. Подобным образом, `PQsetNoticeProcessor` устанавливает или возвращает текущий обработчик замечаний.

```
typedef void (*PQnoticeReceiver) (void *arg, const PGresult *res);
```

```
PQnoticeReceiver
PQsetNoticeReceiver(PGconn *conn,
                   PQnoticeReceiver proc,
                   void *arg);
```

```
typedef void (*PQnoticeProcessor) (void *arg, const char *message);
```

```
PQnoticeProcessor
PQsetNoticeProcessor(PGconn *conn,
                    PQnoticeProcessor proc,
                    void *arg);
```

Каждая из этих функций возвращает указатель на ранее установленный приёмник или обработчик замечаний и устанавливает новый указатель. Если ей передаётся нулевой указатель, она ничего не делает, только возвращает текущий указатель.

Когда сообщение с замечанием или предупреждением поступает от сервера, либо выдаётся самой библиотекой `libpq`, вызывается функция приёмника замечания. Сообщение передаётся ей в виде состояния `PGRES_NONFATAL_ERROR` объекта `PGresult`. (Это позволяет приёмнику извлечь из него отдельные поля, используя `PQresultErrorField`, либо получить полное готовое сообщение, вызвав `PQresultErrorMessage` или `PQresultVerboseErrorMessage`.) Ей также передаётся тот же неопреде-

лённый указатель, что был передан функции `PQsetNoticeReceiver`. (Этот указатель может пригодиться для обращения к внутреннему состоянию приложения при необходимости.)

Стандартный приёмник замечаний просто извлекает сообщение (вызывая `PQresultErrorMessage`) и передаёт его обработчику замечаний.

Обработчик замечаний отвечает за обработку сообщения с замечанием или предупреждением в текстовом виде. Ему передаётся строка с текстом сообщения (включая завершающий символ новой строки) и неопределённый указатель, который был передан функции `PQsetNoticeProcessor`. (Этот указатель может пригодиться для обращения к внутреннему состоянию приложения при необходимости.)

Стандартный обработчик замечаний прост:

```
static void
defaultNoticeProcessor(void *arg, const char *message)
{
    fprintf(stderr, "%s", message);
}
```

Установив приёмник или обработчик замечаний, вы можете ожидать, что эта функция будет вызываться, пока будут существовать объект `PGconn` или объекты `PGresult`, созданные с ней. Когда создаётся `PGresult`, указатели текущих обработчиков замечаний, установленные в `PGconn`, копируются в `PGresult` для возможного использования функциями вроде `PQgetvalue`.

34.13. Система событий

Система событий `libpq` разработана для уведомления функций-обработчиков об интересных событиях `libpq`, например, о создании и уничтожении объектов `PGconn` и `PGresult`. Основное их предназначение в том, чтобы позволить приложениям связать собственные данные с объектами `PGconn` и `PGresult` и обеспечить их освобождение в нужное время.

Каждый зарегистрированный обработчик событий связывается с двумя элементами данных, которые известны `libpq` только как скрытые указатели `void *`. Первый *сквозной* указатель передаётся приложением, когда обработчик событий регистрируется в `PGconn`. Этот указатель никогда не меняется на протяжении жизни `PGconn` и все объекты `PGresult` создаются с ним; поэтому, если он используется, он должен указывать на долгоживущие данные. В дополнение к нему имеется указатель *данных экземпляра*, который изначально равен `NULL` во всех объектах `PGconn` и `PGresult`. Этим указателем можно управлять с помощью функций `PQinstanceData`, `PQsetInstanceData`, `PQresultInstanceData` и `PQsetResultInstanceData`. Заметьте, что в отличие от сквозного указателя, данные экземпляра `PGconn` автоматически не наследуются объектами `PGresult`, создаваемыми из него. Библиотека `libpq` не знает, на что указывают сквозной указатель и указатель данных экземпляра (если они ненулевые) и никогда не будет пытаться освобождать их — за это отвечает обработчик событий.

34.13.1. Типы событий

Перечисление `PGEventId` описывает типы событий, обрабатываемых системой событий. Имена всех их значений начинаются с `PGEVT`. Для каждого типа событий имеется соответствующая структура информации о событии, содержащая параметры, передаваемые обработчикам событий. Определены следующие типы событий:

`PGEVT_REGISTER`

Событие регистрации происходит, когда вызывается `PQregisterEventProc`. Это идеальное время для инициализации данных экземпляра (`instanceData`), которые могут понадобиться процедуре событий. Для каждого обработчика событий в рамках соединения будет выдаваться только одно событие регистрации. Если обработка события завершается ошибкой, регистрация прерывается.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
} PGEvtRegister;
```

При поступлении события `PGEVT_REGISTER` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEvtRegister *`. Эта структура содержит объект `PGconn`, который должен быть в состоянии `CONNECTION_OK`; это гарантируется, если `PQregisterEventProc` вызывается сразу после получения рабочего объекта `PGconn`. В случае выдачи кода ошибки всю очистку необходимо провести самостоятельно, так как событие `PGEVT_CONNDESTROY` не поступит.

PGEVT_CONNRESET

Событие сброса соединения происходит при завершении `PQreset` или `PQresetPoll`. В обоих случаях это событие вызывается, только если сброс был успешным. Если обработка события завершается ошибкой, происходит сбой всей операции сброса соединения; объект `PGconn` переходит в состояние `CONNECTION_BAD` и `PQresetPoll` возвращает `PGRES_POLLING_FAILED`.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
} PGEvtConnReset;
```

При поступлении события `PGEVT_CONNRESET` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEvtConnReset *`. Хотя переданный объект `PGconn` был только что сброшен, все данные события остаются неизменными. При поступлении этого события должны быть сброшены/перезагружены/вновь запрошены все сопутствующие данные `instanceData`. Заметьте, что даже если обработчик события выдаст ошибку при обработке `PGEVT_CONNRESET`, событие `PGEVT_CONNDESTROY` всё равно поступит при закрытии соединения.

PGEVT_CONNDESTROY

Событие уничтожения соединения вызывается в ответ на вызов `PQfinish`. Обработчик этого события отвечает за корректную очистку своих данных событий, так как `libpq` не может управлять его памятью. Невыполнение очистки должным образом приведёт к утечкам памяти.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
} PGEvtConnDestroy;
```

При поступлении события `PGEVT_CONNDESTROY` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEvtConnDestroy *`. Это событие происходит перед тем, как `PQfinish` производит всю остальную очистку. Значение, возвращаемое обработчиком событий, игнорируется, так как из `PQfinish` никак нельзя сообщить об ошибке. Кроме того, ошибка в обработке событий не должна прерывать процесс очистки ставшей ненужной памяти.

PGEVT_RESULTCREATE

Событие создания объекта результата происходит при завершении любой функции, выполняющей запрос и получающей результат, включая `PQgetResult`. Это событие происходит только после того, как результат был успешно получен.

```
typedef struct
{
    PGconn *conn;
    PGresult *result;
} PGEvtResultCreate;
```

При поступлении события `PGEVT_RESULTCREATE` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEvtResultCreate *`. В `conn` передаётся соединение, для которого сформирован результат. Это идеальное место для инициализации любых данных `instanceData`, которые нужно связать

с результатом. В случае сбоя обработчика объект результата очищается и ошибка распространяется дальше. Обработчик события не должен пытаться выполнять `PQclear` для объекта результата самостоятельно. Возвращая ошибку, необходимо выполнить очистку данных, так как событие `PGEVT_RESULTDESTROY` для этого объекта не поступит.

PGEVT_RESULTCOPY

Событие копирования объекта результата происходит при выполнении функции `PQcopyResult`. Это событие происходит только после того, как копирование будет завершено. Только те обработчики событий, которые успешно обработали событие `PGEVT_RESULTCREATE` или `PGEVT_RESULTCOPY` для исходного объекта, получают событие `PGEVT_RESULTCOPY`.

```
typedef struct
{
    const PGresult *src;
    PGresult *dest;
} PGEventResultCopy;
```

При поступлении события `PGEVT_RESULTCOPY` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEventResultCopy *`. Поле `src` указывает на объект результата, который копируется, а `dest` — на целевой объект. Это событие может применяться для реализации внутреннего копирования `instanceData`, так как сама функция `PQcopyResult` не может это сделать. В случае сбоя обработчика вся операция копирования прерывается и объект результата в `dest` очищается. Возвращая ошибку, необходимо выполнить очистку данных целевого объекта, так как событие `PGEVT_RESULTDESTROY` для него не поступит.

PGEVT_RESULTDESTROY

Событие уничтожения объекта результата происходит при выполнении `PQclear`. Обработчик этого события отвечает за корректную очистку своих данных событий, так как `libpq` не может управлять его памятью. Невыполнение очистки должным образом приведёт к утечкам памяти.

```
typedef struct
{
    PGresult *result;
} PGEventResultDestroy;
```

При поступлении события `PGEVT_RESULTDESTROY` указатель `evtInfo` следует привести к `PGEventResultDestroy *`. Это событие происходит перед тем, как `PQclear` производит всю остальную очистку. Значение, возвращаемое обработчиком событий, игнорируется, так как из `PQclear` никак нельзя сообщить об ошибке. Кроме того, ошибка в обработчике событий не должна прерывать процесс очистки ставшей ненужной памяти.

34.13.2. Процедура обработки событий

PGEventProc

`PGEventProc` — это определение типа для указателя на обработчик событий, то есть функцию обратного вызова, получающую события от `libpq`. Обработчик событий должен иметь такую сигнатуру:

```
int eventproc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough)
```

Параметр `evtId` говорит, какое событие `PGEVT` произошло. Указатель `evtInfo` должен приводиться к типу определённой структуры для получения дополнительной информации о событии. В параметре `passThrough` передаётся сквозной указатель, поступивший в `PQregisterEventProc` при регистрации обработчика события. Эта функция должна вернуть ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае.

Обработчик определённого события может быть зарегистрирован в любом `PGconn` только раз. Это связано с тем, что адрес обработчика используется как ключ для выбора связанных данных экземпляра.

Внимание

В Windows функции могут иметь два разных адреса: один, видимый снаружи DLL, и второй, видимый внутри DLL. Учитывая это, надо позаботиться о том, чтобы только один из адресов использовался с функциями обработки событий libpq, иначе возникнет путаница. Самый простой способ написать код, который будет работать — всегда помечать обработчик событий как `static`. Если адрес обработчика нужно получить вне его исходного файла, экспортируйте отдельную функцию, которая будет возвращать этот адрес.

34.13.3. Функции поддержки событий

PQregisterEventProc

Регистрирует обработчик событий в libpq.

```
int PQregisterEventProc(PGconn *conn, PGEventProc proc,
                       const char *name, void *passThrough);
```

Обработчик событий должен быть зарегистрирован один раз для каждого соединения PGconn, события которого представляют интерес. Число обработчиков событий, которые можно зарегистрировать для соединения, не ограничивается ничем, кроме объёма памяти. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае.

Процедура, переданная в аргументе *proc*, будет вызываться, когда произойдёт событие libpq. Её адрес в памяти также применяется для поиска данных *instanceData*. Аргумент *name* используется при упоминании обработчика событий в сообщениях об ошибках. Это значение не может быть равно NULL или указывать на строку нулевой длины. Эта строка имени копируется в PGconn, так что переданная строка может быть временной. Сквозной указатель (*passThrough*) будет передаваться обработчику *proc* при каждом вызове события. Этот аргумент может равняться NULL.

PQsetInstanceData

Устанавливает для подключения *conn* указатель *instanceData* для обработчика *proc* равным *data*. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае. (Ошибка возможна, только если обработчик *proc* не был корректно зарегистрирован для соединения *conn*.)

```
int PQsetInstanceData(PGconn *conn, PGEventProc proc, void *data);
```

PQinstanceData

Возвращает для соединения *conn* указатель на *instanceData*, связанный с обработчиком *proc*, либо NULL, если такого обработчика нет.

```
void *PQinstanceData(const PGconn *conn, PGEventProc proc);
```

PQresultSetInstanceData

Устанавливает для объекта результата (*res*) указатель *instanceData* для обработчика *proc* равным *data*. Эта функция возвращает ненулевое значение в случае успеха или ноль в противном случае. (Ошибка возможна, только если обработчик *proc* не был корректно зарегистрирован для объекта результата.)

```
int PQresultSetInstanceData(PGresult *res, PGEventProc proc, void *data);
```

PQresultInstanceData

Возвращает для объекта результата (*res*) указатель на *instanceData*, связанный с обработчиком *proc*, либо NULL, если такого обработчика нет.

```
void *PQresultInstanceData(const PGresult *res, PGEventProc proc);
```

34.13.4. Пример обработки событий

Ниже показан схематичный пример управления внутренними данными, связанными с подключениями и результатами libpq.

```
/* required header for libpq events (note: includes libpq-fe.h) */
#include <libpq-events.h>

/* The instanceData */
typedef struct
{
    int n;
    char *str;
} mydata;

/* PGEventProc */
static int myEventProc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough);

int
main(void)
{
    mydata *data;
    PGresult *res;
    PGconn *conn =
        PQconnectdb("dbname=postgres options=-csearch_path=");

    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
            PQerrorMessage(conn));
        PQfinish(conn);
        return 1;
    }

    /* called once on any connection that should receive events.
     * Sends a PGEVT_REGISTER to myEventProc.
     */
    if (!PQregisterEventProc(conn, myEventProc, "mydata_proc", NULL))
    {
        fprintf(stderr, "Cannot register PGEventProc\n");
        PQfinish(conn);
        return 1;
    }

    /* conn instanceData is available */
    data = PQinstanceData(conn, myEventProc);

    /* Sends a PGEVT_RESULTCREATE to myEventProc */
    res = PQexec(conn, "SELECT 1 + 1");

    /* result instanceData is available */
    data = PQresultInstanceData(res, myEventProc);

    /* If PG_COPYRES_EVENTS is used, sends a PGEVT_RESULTCOPY to myEventProc */
    res_copy = PQcopyResult(res, PG_COPYRES_TUPLES | PG_COPYRES_EVENTS);

    /* result instanceData is available if PG_COPYRES_EVENTS was
```

```
    * used during the PQcopyResult call.
    */
    data = PQresultInstanceData(res_copy, myEventProc);

    /* Both clears send a PGEVT_RESULTDESTROY to myEventProc */
    PQclear(res);
    PQclear(res_copy);

    /* Sends a PGEVT_CONNDESTROY to myEventProc */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}

static int
myEventProc(PGEventId evtId, void *evtInfo, void *passThrough)
{
    switch (evtId)
    {
        case PGEVT_REGISTER:
        {
            PGEventRegister *e = (PGEventRegister *)evtInfo;
            mydata *data = get_mydata(e->conn);

            /* associate app specific data with connection */
            PQsetInstanceData(e->conn, myEventProc, data);
            break;
        }

        case PGEVT_CONNRESET:
        {
            PGEventConnReset *e = (PGEventConnReset *)evtInfo;
            mydata *data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);

            if (data)
                memset(data, 0, sizeof(mydata));
            break;
        }

        case PGEVT_CONNDESTROY:
        {
            PGEventConnDestroy *e = (PGEventConnDestroy *)evtInfo;
            mydata *data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);

            /* free instance data because the conn is being destroyed */
            if (data)
                free_mydata(data);
            break;
        }

        case PGEVT_RESULTCREATE:
        {
            PGEventResultCreate *e = (PGEventResultCreate *)evtInfo;
            mydata *conn_data = PQinstanceData(e->conn, myEventProc);
            mydata *res_data = dup_mydata(conn_data);

            /* associate app specific data with result (copy it from conn) */
            PQ setResultInstanceData(e->result, myEventProc, res_data);
        }
    }
}
```

```
        break;
    }

    case PGEVT_RESULTCOPY:
    {
        PGEventResultCopy *e = (PGEventResultCopy *)evtInfo;
        mydata *src_data = PQresultInstanceData(e->src, myEventProc);
        mydata *dest_data = dup_mydata(src_data);

        /* associate app specific data with result (copy it from a result) */
        PQsetResultInstanceData(e->dest, myEventProc, dest_data);
        break;
    }

    case PGEVT_RESULTDESTROY:
    {
        PGEventResultDestroy *e = (PGEventResultDestroy *)evtInfo;
        mydata *data = PQresultInstanceData(e->result, myEventProc);

        /* free instance data because the result is being destroyed */
        if (data)
            free_mydata(data);
        break;
    }

    /* unknown event ID, just return true. */
    default:
        break;
}

return true; /* event processing succeeded */
}
```

34.14. Переменные окружения

Воспользовавшись следующими переменными окружения, можно задать значения параметров соединения по умолчанию, которые будут использоваться функциями `PQconnectdb`, `PQsetdbLogin` и `PQsetdb`, если никакое значение не будет задано вызывающим кодом. В частности, используя их, можно обойтись без жёсткого задания параметров соединения в простых клиентских приложениях.

- `PGHOST` действует так же, как параметр соединения `host`.
- `PGHOSTADDR` действует так же, как параметр соединения `hostaddr`. Эту переменную можно задать вместо или вместе с `PGHOST` для предотвращения поиска адреса в DNS.
- `PGPORT` действует так же, как параметр соединения `port`.
- `PGDATABASE` действует так же, как параметр соединения `dbname`.
- `PGUSER` действует так же, как параметр соединения `user`.
- `PGPASSWORD` действует так же, как параметр соединения `password`. Использовать эту переменную окружения не рекомендуется по соображениям безопасности, так как в некоторых операционных системах непривилегированные пользователи могут видеть переменные окружения процессов в выводе `ps`; вместо этого лучше использовать файл паролей (см. Раздел 34.15).
- `PGPASSFILE` действует так же, как параметр соединения `passfile`.
- `PGSERVICE` действует так же, как параметр соединения `service`.
- `PGSERVICEFILE` задаёт имя личного файла пользователя с параметрами подключения к службам. По умолчанию применяется имя файла `~/.pg_service.conf` (см. Раздел 34.16).

- `PGOPTIONS` действует так же, как параметр соединения `options`.
- `PGAPPNAME` действует так же, как параметр соединения `application_name`.
- `PGSSLMODE` действует так же, как параметр соединения `sslmode`.
- `PGREQUIRESSL` действует так же, как параметр соединения `requiressl`. Эта переменная окружения утратила актуальность с появлением переменной `PGSSLMODE`; если установить обе переменные, значение данной не возымеет эффекта.
- `PGSSLCOMPRESSION` действует так же, как параметр соединения `sslcompression`.
- `PGSSLCERT` действует так же, как параметр соединения `sslcert`.
- `PGSSLKEY` действует так же, как параметр соединения `sslkey`.
- `PGSSLROOTCERT` действует так же, как параметр соединения `sslrootcert`.
- `PGSSLCRL` действует так же, как параметр соединения `sslcrl`.
- `PGREQUIREPEER` действует так же, как параметр соединения `requirepeer`.
- `PGKRB_SRVNAME` действует так же, как параметр соединения `krbsrvname`.
- `PGGSSLIB` действует так же, как параметр соединения `gsslib`.
- `PGCONNECT_TIMEOUT` действует так же, как параметр соединения `connect_timeout`.
- `PGCLIENTENCODING` действует так же, как параметр соединения `client_encoding`.
- `PGTARGETSESSIONATTRS` действует так же, как параметр соединения `target_session_attrs`.

Следующие переменные окружения позволяют задать поведение по умолчанию для каждого отдельного сеанса PostgreSQL. (См. также описание команд `ALTER ROLE` и `ALTER DATABASE`, позволяющих установить поведение по умолчанию для отдельного пользователя или отдельной базы.)

- `PGDATESTYLE` устанавливает стиль представления даты/времени по умолчанию. (Равносильно `SET datestyle TO ....`)
- `PGTZ` устанавливает часовой пояс по умолчанию. (Равносильно `SET timezone TO ....`)
- `PGGEQO` устанавливает режим по умолчанию для генетического оптимизатора запросов. (Равносильно `SET geqo TO ....`)

Информацию о корректных значениях этих переменных окружения можно найти в описании SQL-команды `SET`.

Следующие переменные среды определяют внутреннее поведение `libpq`; они переопределяют встроенные значения.

- `PGSYSCONFDIR` задаёт каталог, в котором содержится файл `pg_service.conf`, а в будущем он может содержать и другие общесистемные файлы конфигурации.
- `PGLOCALEDIR` задаёт каталог, содержащий файлы `locale`, предназначенные для перевода сообщений.

34.15. Файл паролей

Файл `.pgpass` в домашнем каталоге пользователя может содержать пароли, которые будут использоваться, если для подключения требуется пароль (и пароль не задаётся другим способом). В Microsoft Windows этот файл называется `%APPDATA%\postgresql\pgpass.conf` (где `%APPDATA%` обозначает каталог данных приложений (Application Data) в профиле пользователя). Имя файла паролей также можно задать в параметре подключения `passfile` или в переменной окружения `PGPASSFILE`.

Этот файл должен содержать строки следующего формата:

```
сервер:порт:база_данных:имя_пользователя:пароль
```

(Вы можете вставить в этот файл комментарий-памятку, скопировав показанную строку в него и добавив в начало `#`.) Первые четыре поля могут содержать строковые значения, либо знак `*`, соответствующий всему. Применяться будет пароль, указанный в первой из строк, значения полей

в которой соответствуют текущему соединению. (Поэтому, если вы используете звёздочки, поместите более конкретные записи первыми.) Если запись должна содержать символ `:` или `\`, добавьте перед ним `\`. Поле с именем узла сопоставляется с параметром подключения `host` (если он указан) или с параметром `hostaddr` (если указан он); в случае отсутствия обоих параметров подразумевается имя `localhost`. Имя узла `localhost` также подразумевается, когда соединение устанавливается через Unix-сокеты и параметр `host` соответствует установленному в `libpq` каталогу сокетов по умолчанию. На ведомом сервере имя базы данных `replication` соответствует подключениям к ведущему серверу, которые применяются для потоковой репликации. Поле *база_данных* имеет ограниченную ценность, так как пользователи используют один пароль для всех баз данных в кластере.

В системах Unix разрешения для файла паролей должны запрещать любой доступ к нему всем и группе; этого можно добиться командой `chmod 0600 ~/.pgpass`. Если разрешения будут менее строгими, этот файл будет игнорироваться. В Microsoft Windows предполагается, что файл хранится в безопасном месте, и никакие дополнительные проверки не производятся.

34.16. Файл соединений служб

Файл соединений служб позволяет связать параметры соединений `libpq` с одним именем службы. Затем это имя службы можно задать при подключении через `libpq` и будут применены все связанные с ним параметры. Это позволяет модифицировать параметры соединений, обходясь без перекомпиляции приложения `libpq`. Имя службы можно также задать в переменной окружения `PGSERVICE`.

Файл соединений служб может быть личным файлом пользователя с путём `~/.pg_service.conf` или задаваться переменной окружения `PGSERVICEFILE`, либо это может быть системный файл с путём ``pg_config --sysconfdir`/pg_service.conf` или в каталоге, задаваемом переменной окружения `PGSYSCONFDIR`. Если для одного имени службы существует определение и в системном файле, и в файле пользователя, определение пользователя имеет приоритет.

В этом файле используется формат «INI-файлов», в котором имя раздела задаёт имя службы, а параметры внутри — параметры соединения; их список приведён в Подразделе 34.1.2. Например:

```
# комментарий
[mydb]
host=somehost
port=5433
user=admin
```

Пример такого файла можно найти в `share/pg_service.conf.sample`.

34.17. Получение параметров соединения через LDAP

Если библиотека `libpq` была собрана с поддержкой LDAP (configure передавался ключ `--with-ldap`), такие параметры соединения, как `host` и `dbname`, можно получить через LDAP с центрального сервера. Преимущество такого подхода в том, что при изменении параметров подключения к базе данных свойства соединения не придётся изменять на всех клиентских компьютерах.

Для получения параметров соединений через LDAP используется файл соединений служб `pg_service.conf` (см. Раздел 34.16). Строка в `pg_service.conf`, начинающаяся с указания протокола `ldap://`, будет воспринята как URL в LDAP и выполнится как запрос к LDAP. Результатом запроса должен быть список пар `keyword = value`, которые и будут задавать параметры соединений. Заданный URL должен соответствовать RFC 1959 и иметь следующий вид:

```
ldap://[имя_сервера[:порт]]/база_поиска?атрибут?область_поиска?филтp
; по умолчанию имя_сервера — localhost, а порт — 389.
```

Обработка `pg_service.conf` прекращается после удачного поиска в LDAP, но если с сервером LDAP связаться не удастся, обрабатываются следующие строки этого файла. Так сделано для того, чтобы можно было реализовать запасные варианты, добавив дополнительные строки с URL LDAP, указывающими на другие серверы LDAP, или классические пары `keyword = value`, либо используя пара-

метры соединений по умолчанию. Если же вы хотите получить ошибку в этой ситуации, добавьте после строки с URL-адресом LDAP синтаксически некорректную строку.

Простую запись LDAP, созданную из такого файла LDIF

```
version:1
dn:cn=mydatabase,dc=mycompany,dc=com
changetype:add
objectclass:top
objectclass:device
cn:mydatabase
description:host=dbserver.mycompany.com
description:port=5439
description:dbname=mydb
description:user=mydb_user
description:sslmode=require
```

можно запросить из каталога LDAP, указав следующий URL:

```
ldap://ldap.mycompany.com/dc=mycompany,dc=com?description?one?(cn=mydatabase)
```

Также возможно сочетать обычные записи в файле служб с поиском в LDAP. Полный пример описания службы в `pg_service.conf` может быть таким:

```
# в LDAP хранится только имя и порт сервера; имя базы и пользователя нужно задать явно
[customerdb]
dbname=customer
user=appuser
ldap://ldap.acme.com/cn=dbserver,cn=hosts?pgconnectinfo?base?(objectclass=*)
```

34.18. Поддержка SSL

PostgreSQL реализует собственную поддержку SSL-подключений для шифрования клиент-серверного взаимодействия в качестве меры безопасности. Подробнее функциональность SSL на стороне сервера описывается в Разделе 18.9.

Библиотека `libpq` читает системный файл конфигурации OpenSSL. По умолчанию этот файл называется `openssl.cnf` и находится в каталоге, который сообщает команда `openssl version -d`. Если требуется указать другое расположение файла конфигурации, его можно задать в переменной окружения `OPENSSL_CONF`.

34.18.1. Проверка сертификатов сервера на стороне клиента

По умолчанию PostgreSQL не выполняет никакие проверки сертификата сервера. Это означает, что клиента можно ввести в заблуждение, подменив сервер (например, изменив запись в DNS или заняв его IP-адрес). Чтобы защититься от такой подмены, клиент должен иметь возможность проверять подлинность сервера по цепочке доверия. Для создания цепочки доверия нужно установить корневой (самоподписанный) сертификат центра сертификации (ЦС) на одном компьютере, а конечный сертификат, *подписанный* корневым, на другом. В цепочке может использоваться и «промежуточный» сертификат, который подписывается корневым сертификатом и подписывает подчинённые сертификаты.

Чтобы клиент мог проверить подлинность сервера, установите на клиенте корневой сертификат, а на сервере установите конечный сертификат, подписанный этим корневым. Чтобы сервер мог проверить подлинность клиента, установите на сервере корневой сертификат, а на клиенте конечный сертификат, подписанный данным корневым. Конечный сертификат также может связываться с корневым через один или несколько промежуточных сертификатов (они обычно хранятся вместе с конечным сертификатом).

Когда цепочка доверия присутствует, клиент может проверить конечный сертификат, переданный сервером, двумя способами. Если параметр `sslmode` имеет значение `verify-ca`, `libpq` будет проверять подлинность сервера, проверяя цепочку доверия до корневого сертификата, установленного

на клиенте. Если в `sslmode` выбран режим `verify-full`, `libpq` будет *также* проверять соответствие имени узла сервера имени, записанному в сертификате. SSL-подключение не будет установлено, если проверить сертификат сервера не удастся. Режим `verify-full` рекомендуется для большинства окружений, где важна безопасность.

В режиме `verify-full` имя компьютера сверяется с атрибутом (или атрибутами) Subject Alternative Name (Альтернативное имя субъекта) в сертификате или с атрибутом Common Name (Общее имя), если в сертификате отсутствует атрибут Subject Alternative Name типа `dNSName`. Если атрибут имени сертификата начинается со звёздочки (*), звёздочка воспринимается как подстановочный знак и ей будут соответствовать все символы, *кроме* точки (.). Это означает, что такой сертификат не будет соответствовать поддоменам. Если подключение устанавливается по IP-адресу, а не по имени компьютера, проверяться будет IP-адрес (без поиска в DNS).

Чтобы настроить проверку сертификата сервера, необходимо поместить один или несколько корневых сертификатов в файл `~/.postgresql/root.crt` в домашнем каталоге пользователя. (В Microsoft Windows этот файл называется `%APPDATA%\postgresql\root.crt`.) Также следует добавлять в этот файл промежуточные сертификаты, если они нужны для связывания цепочки сертификатов, переданных сервером, с корневыми сертификатами, установленными на клиенте.

Если существует файл `~/.postgresql/root.crl` (или `%APPDATA%\postgresql\root.crl` в Microsoft Windows), при проверке также учитывается содержащийся в нём список отозванных сертификатов (CRL, Certificate Revocation List).

Размещение файла корневых сертификатов и CRL можно поменять, задав параметры соединения `sslrootcert` и `sslcrl` или переменные окружения `PGSSLROOTCERT` и `PGSSLCRL`, соответственно.

Примечание

Для обратной совместимости с предыдущими версиями PostgreSQL, при наличии файла с сертификатами корневых ЦС поведение режима `sslmode=require` не отличается от режима `verify-ca`, то есть сертификат сервера будет проверяться по сертификату ЦС. Полагаться на это поведение не рекомендуется — приложения, которым нужно проверять сертификат, должны всегда выбирать режим `verify-ca` или `verify-full`.

34.18.2. Клиентские сертификаты

Если сервер попытается проверить подлинность клиента, запрашивая конечный сертификат клиента, `libpq` будет передавать сертификаты, сохранённые в файле `~/.postgresql/postgresql.crt` в домашнем каталоге пользователя. Эти сертификаты должны связываться по цепочке с корневым сертификатом, которому доверяет сервер. Также должен присутствовать соответствующий закрытый ключ `~/.postgresql/postgresql.key`. К этому файлу закрытого ключа должен быть запрещён доступ всех и группы; такой режим доступа устанавливает команда `chmod 0600 ~/.postgresql/postgresql.key`. В Microsoft Windows эти файлы называются `%APPDATA%\postgresql\postgresql.crt` и `%APPDATA%\postgresql\postgresql.key`, а права доступа не проверяются, так как этот каталог считается защищённым. Размещение файлов сертификатов и закрытого ключа можно переопределить с помощью параметров подключения `sslcert` и `sslkey` либо переменных окружения `PGSSLCERT` и `PGSSLKEY`.

Первым сертификатом в `postgresql.crt` должен быть сертификат клиента, так как он должен соответствовать закрытому ключу клиента. Дополнительно в этот файл могут быть добавлены «промежуточные» сертификаты — это позволит избежать хранения всех промежуточных сертификатов на сервере (см. `ssl_ca_file`).

За инструкциями по созданию сертификатов обратитесь к Подразделу 18.9.5.

34.18.3. Защита, обеспечиваемая в различных режимах

Разные значения параметра `sslmode` обеспечивают разные уровни защиты. SSL позволяет защититься от следующих типов атак:

Прослушивание

Если третья сторона может прослушивать сетевой трафик между клиентом и сервером, она может получить как информацию соединения (включая имя пользователя и пароль), так и передаваемые данные. Чтобы защититься от этого, SSL шифрует трафик.

Посредник (MITM)

Если третья сторона может модифицировать данные, передаваемые между клиентом и сервером, она может представиться сервером и, таким образом, сможет видеть и модифицировать данные, *даже если они зашифрованы*. Третья сторона затем может воспроизводить характеристики соединения и данные для подлинного сервера, что сделает невозможным обнаружение этой атаки. Векторами такой атаки может быть «отравление» DNS и подмена адресов, в результате чего клиент будет обращаться не к тому серверу, к которому нужно. Также есть несколько других вариантов реализации этой атаки. Для защиты в SSL применяется проверка сертификатов, в результате которой сервер доказывает свою подлинность клиенту.

Олицетворение

Если третья сторона может представляться авторизованным клиентом, она может просто обращаться к данным, к которым не должна иметь доступа. Обычно это происходит вследствие небезопасного управления паролями. В SSL для предотвращения этой угрозы используются клиентские сертификаты, гарантирующие, что к серверу могут обращаться только владельцы действительных сертификатов.

Чтобы соединение было гарантированно безопасным, SSL должен быть настроен *на клиенте и на сервере*, прежде чем будет установлено соединение. Если он настроен только на сервере, клиент может начать передавать важную информацию (например, пароли), до того как поймёт, что сервер требует высокого уровня безопасности. В libpq для установления безопасных соединений нужно задать для параметра `sslmode` значение `verify-full` или `verify-ca` и предоставить системе корневой сертификат для проверки. В качестве аналогии можно привести использование адреса `s https` для безопасного просмотра веб-содержимого.

Когда подлинность сервера подтверждена, клиент может передавать конфиденциальные данные. Это значит, что до этого момента клиенту не нужно знать, применяются ли сертификаты для аутентификации, так что настройка использования сертификатов только на стороне сервера не угрожает безопасности.

Все варианты использования SSL подразумевают издержки шифрования и обмена ключами, что порождает необходимость выбора между производительностью и безопасностью. В Таблице 34.1 описываются риски, от которых защищают различные варианты `sslmode`, и приводятся утверждения относительно защиты и издержек.

Таблица 34.1. Описания режимов SSL

sslmode	Защита от прослушивания	Защита от MITM	Утверждение
disable	Нет	Нет	Мне не важна безопасность и я не приемлю издержки, связанные с шифрованием.
allow	Возможно	Нет	Мне не важна безопасность, но я приемлю издержки, связанные с шифрованием, если на этом настаивает сервер.
prefer	Возможно	Нет	Мне не важна безопасность, но я предпочитаю шифрование (и приемлю связанные из-

sslmode	Защита от прослушивания	Защита от MITM	Утверждение
			держки), если это поддерживает сервер.
require	Да	Нет	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Я доверяю сети в том, что она обеспечивает подключение к нужному серверу.
verify-ca	Да	Зависит от политики ЦС	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Мне нужна уверенность в том, что я подключаюсь к доверенному серверу.
verify-full	Да	Да	Я хочу, чтобы мои данные шифровались, и я приемлю сопутствующие издержки. Мне нужна уверенность в том, что я подключаюсь к доверенному серверу и это именно указанный мной сервер.

Различие вариантов `verify-ca` и `verify-full` зависит от характера корневого ЦС. Если используется публичный ЦС, режим `verify-ca` допускает подключение к серверу с сертификатом, который получил *кто угодно* в этом ЦС. В такой ситуации нужно всегда использовать режим `verify-full`. Если же используется локальный ЦС или даже самоподписанный сертификат, режим `verify-ca` обычно обеспечивает достаточную защиту.

По умолчанию параметр `sslmode` имеет значение `prefer`. Как показано в таблице, оно неэффективно с точки зрения безопасности и может только привносить дополнительные издержки. Оно выбрано по умолчанию исключительно для обратной совместимости и не рекомендуется для защищённых окружений.

34.18.4. Файлы, используемые клиентом SSL

В Таблице 34.2 перечислены файлы, имеющие отношение к настройке SSL на стороне клиента.

Таблица 34.2. Файлы, используемые клиентом SSL/libpq

Файл	Содержимое	Назначение
<code>~/.postgresql/postgresql.crt</code>	сертификат клиента	запрашивается сервером
<code>~/.postgresql/postgresql.key</code>	закрытый ключ клиента	подтверждает клиентский сертификат, передаваемый владельцем; не гарантирует, что владелец сертификата заслуживает доверия
<code>~/.postgresql/root.crt</code>	сертификаты доверенных ЦС	позволяет проверить, что сертификат сервера подписан доверенным центром сертификации

Файл	Содержимое	Назначение
~/ .postgresql/root.crl	сертификаты, отозванные центрами сертификации	сертификат сервера должен отсутствовать в этом списке

34.18.5. Инициализация библиотеки SSL

Если ваше приложение инициализирует библиотеку `libssl` и/или `libcrypto`, и `libpq` собрана с поддержкой SSL, вы должны вызвать `PQinitOpenSSL`, чтобы сообщить `libpq`, что библиотека `libssl` и/или `libcrypto` уже инициализированы вашим приложением, чтобы `libpq` не пыталась ещё раз инициализировать их. Более подробно API SSL описывается на странице http://h41379.www4.hp.com/doc/83final/ba554_90007/ch04.html.

`PQinitOpenSSL`

Позволяет приложениям выбрать, какие библиотеки безопасности нужно инициализировать.

```
void PQinitOpenSSL(int do_ssl, int do_crypto);
```

Когда параметр `do_ssl` отличен от нуля, `libpq` будет инициализировать библиотеку `OpenSSL` перед первым подключением к базе данных. Когда параметр `do_crypto` не равен нулю, будет инициализироваться библиотека `libcrypto`. По умолчанию (если функция `PQinitOpenSSL` не вызывается) инициализируются обе библиотеки. Если поддержка SSL не была скомпилирована, эта функция присутствует, но ничего не делает.

Если ваше приложение использует и инициализирует библиотеку `OpenSSL` или её нижележащую библиотеку `libcrypto`, вы *должны* вызвать эту функцию, передав нули в соответствующих параметрах, перед первым подключением к базе данных. Собственно инициализацию также важно произвести перед установлением подключения.

`PQinitSSL`

Позволяет приложениям выбрать, какие библиотеки безопасности нужно инициализировать.

```
void PQinitSSL(int do_ssl);
```

Эта функция равнозначна вызову `PQinitOpenSSL(do_ssl, do_ssl)`. Приложениям достаточно инициализировать или не инициализировать обе библиотеки `OpenSSL` и `libcrypto` одновременно.

Функция `PQinitSSL` существует со времён PostgreSQL 8.0, тогда как `PQinitOpenSSL` появилась в PostgreSQL 8.4, так что `PQinitSSL` может быть предпочтительней для приложений, которым нужно работать с более старыми версиями `libpq`.

34.19. Поведение в многопоточных программах

Библиотека `libpq` по умолчанию поддерживает повторные вызовы и многопоточность. Для соответствующего варианта сборки вашего приложения вам может понадобиться передать компилятору специальные параметры командной строки. Чтобы узнать, как собрать многопоточное приложение, обратитесь к документации вашей системы или поищите в файле `src/Makefile.global` значения `PTHREAD_CFLAGS` и `PTHREAD_LIBS`. Эта функция позволяет узнать, поддерживает ли `libpq` многопоточность:

`PQisthreadsafe`

Возвращает состояние потокобезопасности в библиотеке `libpq`.

```
int PQisthreadsafe();
```

Возвращает 1, если библиотека `libpq` потокобезопасная, или 0 в противном случае.

Реализация многопоточности не лишена ограничений: два потока не должны пытаться одновременно работать с одним объектом `PGconn`. В частности, не допускается параллельное выполнение команд из разных потоков через один объект соединения. (Если вам нужно выполнять команды одновременно, используйте несколько соединений.)

Объекты `PGresult` после создания обычно доступны только для чтения, и поэтому их можно свободно передавать между потоками. Однако, если вы используете какую-либо из функций, изменяющих `PGresult`, описанных в Разделе 34.11 или Разделе 34.13, вы должны также избегать одновременных обращений к одному объекту `PGresult`.

Устаревшие функции `PQrequestCancel` и `PQoidStatus` не являются потокобезопасными и не должны применяться в многопоточных программах. Вместо `PQrequestCancel` можно использовать `PQcancel`, а вместо `PQoidStatus` — `PQoidValue`.

Если вы применяете Kerberos в своём приложении (помимо возможного использования внутри `libpq`), вы должны обеспечить блокировку вокруг вызовов Kerberos, так как функции Kerberos не являются потокобезопасными. Обратите внимание на функцию `PQregisterThreadLock` в исходном коде `libpq`, позволяющую организовать совместные блокировки между `libpq` и вашим приложением.

Если вы сталкиваетесь с проблемами многопоточности в приложениях, запустите программу `src/tools/thread`, чтобы понять, есть ли в вашей системе небезопасные при многопоточности функции. Эта программа запускается скриптом `configure`, но если вы устанавливаете двоичный пакет, ваши библиотеки могут не соответствовать тем, что использовались при сборке.

34.20. Сборка программ с `libpq`

Чтобы собрать (то есть, скомпилировать и скомпоновать) программу, использующую `libpq`, вы должны проделать следующие действия:

- Включите заголовочный файл `libpq-fe.h`:

```
#include <libpq-fe.h>
```

Если вы не сделаете этого, обычно вас ждут примерно такие сообщения об ошибках от компилятора:

```
foo.c: In function `main':
foo.c:34: `PGconn' undeclared (first use in this function)
foo.c:35: `PGresult' undeclared (first use in this function)
foo.c:54: `CONNECTION_BAD' undeclared (first use in this function)
foo.c:68: `PGRES_COMMAND_OK' undeclared (first use in this function)
foo.c:95: `PGRES_TUPLES_OK' undeclared (first use in this function)
```

- Сообщите вашему компилятору каталог, в котором установлены заголовочные файлы PostgreSQL, передав ему параметр `-Iкаталог`. (В некоторых случаях компилятор сам может обращаться к нужному каталогу, так что этот параметр можно опустить.) Например, ваша команда компиляции может быть такой:

```
cc -c -I/usr/local/pgsql/include testprog.c
```

Если вы используете скрипты сборки `Makefile`, добавьте этот параметр в переменную `CPPFLAGS`:

```
CPPFLAGS += -I/usr/local/pgsql/include
```

Если существует возможность, что вашу программу будут компилировать другие пользователи, то путь к каталогу не следует жёстко задавать таким образом. Вместо этого вы можете воспользоваться утилитой `pg_config` узнать, где в локальной системе находятся заголовочные файлы, следующим образом:

```
$ pg_config --includedir
/usr/local/include
```

Если у вас установлена программа `pkg-config`, вместо этого вы можете выполнить:

```
$ pkg-config --cflags libpq
-I/usr/local/include
```

Заметьте, что при этом перед путём сразу будет добавлен ключ `-I`.

Если требуемый параметр не будет передан компилятору, вы получите примерно такое сообщение об ошибке:

```
testlibpq.c:8:22: libpq-fe.h: No such file or directory
```

- При компоновке окончательной программы добавьте параметр `-lpq`, чтобы была подключена библиотека `libpq`, а также параметр `-Лкаталог`, указывающий на каталог, в котором находится `libpq`. (Опять же, компилятор будет просматривать определённые каталоги по умолчанию.) Для максимальной переносимости указывайте ключ `-L` перед параметром `-lpq`. Например:

```
cc -o testprog testprog1.o testprog2.o -L/usr/local/pgsql/lib -lpq
```

Каталог с библиотекой можно узнать, так же используя `pg_config`:

```
$ pg_config --libdir
/usr/local/pgsql/lib
```

Или с помощью той же программы `pkg-config`:

```
$ pkg-config --libs libpq
-L/usr/local/pgsql/lib -lpq
```

Заметьте, что и в этом случае выводится полностью сформированный параметр, а не только путь.

В случае проблем в этой области возможны примерно такие сообщения об ошибках:

```
testlibpq.o: In function `main':
testlibpq.o(.text+0x60): undefined reference to `PQsetdbLogin'
testlibpq.o(.text+0x71): undefined reference to `PQstatus'
testlibpq.o(.text+0xa4): undefined reference to `PQerrorMessage'
```

Они означают, что вы забыли добавить параметр `-lpq`.

```
/usr/bin/ld: cannot find -lpq
```

Такая ошибка означает, что вы забыли добавить ключ `-L` или не указали правильный каталог.

34.21. Примеры программ

Эти и другие примеры можно найти в каталоге `src/test/examples` в дистрибутиве исходного кода.

Пример 34.1. Первая программа, демонстрирующая использование `libpq`

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq.c
 *
 *
 * testlibpq.c
 *
 *      Test the C version of libpq, the PostgreSQL frontend library.
 */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "libpq-fe.h"

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}
```

```
int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn      *conn;
    PGresult     *res;
    int          nFields;
    int          i,
                j;

    /*
     * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
     * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
     * environment variables or defaults for all other connection parameters.
     */
    if (argc > 1)
        conninfo = argv[1];
    else
        conninfo = "dbname = postgres";

    /* Make a connection to the database */
    conn = PQconnectdb(conninfo);

    /* Check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
                PQerrorMessage(conn));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
    res = PQexec(conn,
                  "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }

    /*
     * Should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to avoid memory
     * leaks
     */
    PQclear(res);

    /*
     * Our test case here involves using a cursor, for which we must be inside
     * a transaction block. We could do the whole thing with a single
     * PQexec() of "select * from pg_database", but that's too trivial to make
     * a good example.
     */

    /* Start a transaction block */
    res = PQexec(conn, "BEGIN");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
```

```
        fprintf(stderr, "BEGIN command failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    /*
     * Fetch rows from pg_database, the system catalog of databases
     */
    res = PQexec(conn, "DECLARE myportal CURSOR FOR select * from pg_database");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
    {
        fprintf(stderr, "DECLARE CURSOR failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }
    PQclear(res);

    res = PQexec(conn, "FETCH ALL in myportal");
    if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
    {
        fprintf(stderr, "FETCH ALL failed: %s", PQerrorMessage(conn));
        PQclear(res);
        exit_nicely(conn);
    }

    /* first, print out the attribute names */
    nFields = PQnfields(res);
    for (i = 0; i < nFields; i++)
        printf("%-15s", PQfname(res, i));
    printf("\n\n");

    /* next, print out the rows */
    for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
    {
        for (j = 0; j < nFields; j++)
            printf("%-15s", PQgetvalue(res, i, j));
        printf("\n");
    }

    PQclear(res);

    /* close the portal ... we don't bother to check for errors ... */
    res = PQexec(conn, "CLOSE myportal");
    PQclear(res);

    /* end the transaction */
    res = PQexec(conn, "END");
    PQclear(res);

    /* close the connection to the database and cleanup */
    PQfinish(conn);

    return 0;
}
```


Пример 34.2. Вторая программа, демонстрирующая использование libpq

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq2.c
 *
 *
 * testlibpq2.c
 *     Test of the asynchronous notification interface
 *
 * Start this program, then from psql in another window do
 *     NOTIFY TBL2;
 * Repeat four times to get this program to exit.
 *
 * Or, if you want to get fancy, try this:
 * populate a database with the following commands
 * (provided in src/test/examples/testlibpq2.sql):
 *
 *     CREATE SCHEMA TESTLIBPQ2;
 *     SET search_path = TESTLIBPQ2;
 *     CREATE TABLE TBL1 (i int4);
 *     CREATE TABLE TBL2 (i int4);
 *     CREATE RULE r1 AS ON INSERT TO TBL1 DO
 *         (INSERT INTO TBL2 VALUES (new.i); NOTIFY TBL2);
 *
 * Start this program, then from psql do this four times:
 *
 *     INSERT INTO TESTLIBPQ2.TBL1 VALUES (10);
 */

#ifdef WIN32
#include <windows.h>
#endif
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#ifdef HAVE_SYS_SELECT_H
#include <sys/select.h>
#endif

#include "libpq-fe.h"

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn      *conn;
    PGresult     *res;
```

```
PGnotify    *notify;
int          nnotifies;

/*
 * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
 * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
 * environment variables or defaults for all other connection parameters.
 */
if (argc > 1)
    conninfo = argv[1];
else
    conninfo = "dbname = postgres";

/* Make a connection to the database */
conn = PQconnectdb(conninfo);

/* Check to see that the backend connection was successfully made */
if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
{
    fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
            PQerrorMessage(conn));
    exit_nicely(conn);
}

/* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
res = PQexec(conn,
              "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}

/*
 * Should PQclear PGresult whenever it is no longer needed to avoid memory
 * leaks
 */
PQclear(res);

/*
 * Issue LISTEN command to enable notifications from the rule's NOTIFY.
 */
res = PQexec(conn, "LISTEN TBL2");
if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
    fprintf(stderr, "LISTEN command failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}
PQclear(res);

/* Quit after four notifies are received. */
nnotifies = 0;
while (nnotifies < 4)
{
    /*
     * Sleep until something happens on the connection. We use select(2)
```

```
    * to wait for input, but you could also use poll() or similar
    * facilities.
    */
    int          sock;
    fd_set       input_mask;

    sock = PQsocket(conn);

    if (sock < 0)
        break;                /* shouldn't happen */

    FD_ZERO(&input_mask);
    FD_SET(sock, &input_mask);

    if (select(sock + 1, &input_mask, NULL, NULL, NULL) < 0)
    {
        fprintf(stderr, "select() failed: %s\n", strerror(errno));
        exit_nicely(conn);
    }

    /* Now check for input */
    PQconsumeInput(conn);
    while ((notify = PQnotifies(conn)) != NULL)
    {
        fprintf(stderr,
            "ASYNC NOTIFY of '%s' received from backend PID %d\n",
            notify->relname, notify->be_pid);
        PQfreemem(notify);
        nnotifies++;
        PQconsumeInput(conn);
    }
}

fprintf(stderr, "Done.\n");

/* close the connection to the database and cleanup */
PQfinish(conn);

return 0;
}
```

Пример 34.3. Третья программа, демонстрирующая использование libpq

```
/*
 * src/test/examples/testlibpq3.c
 *
 *
 * testlibpq3.c
 *     Test out-of-line parameters and binary I/O.
 *
 * Before running this, populate a database with the following commands
 * (provided in src/test/examples/testlibpq3.sql):
 *
 * CREATE SCHEMA testlibpq3;
 * SET search_path = testlibpq3;
 * CREATE TABLE test1 (i int4, t text, b bytea);
 * INSERT INTO test1 values (1, 'joe''s place', '\\000\\001\\002\\003\\004');
```

```
* INSERT INTO test1 values (2, 'ho there', '\\004\\003\\002\\001\\000');
*
* The expected output is:
*
* tuple 0: got
*   i = (4 bytes) 1
*   t = (11 bytes) 'joe's place'
*   b = (5 bytes) \\000\\001\\002\\003\\004
*
* tuple 0: got
*   i = (4 bytes) 2
*   t = (8 bytes) 'ho there'
*   b = (5 bytes) \\004\\003\\002\\001\\000
*/

#ifdef WIN32
#include <windows.h>
#endif

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdint.h>
#include <string.h>
#include <sys/types.h>
#include "libpq-fe.h"

/* for ntohs/htons */
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

/*
 * This function prints a query result that is a binary-format fetch from
 * a table defined as in the comment above. We split it out because the
 * main() function uses it twice.
 */
static void
show_binary_results(PGresult *res)
{
    int         i,
               j;
    int         i_fnum,
               t_fnum,
               b_fnum;

    /* Use PQfnumber to avoid assumptions about field order in result */
    i_fnum = PQfnumber(res, "i");
    t_fnum = PQfnumber(res, "t");
    b_fnum = PQfnumber(res, "b");

    for (i = 0; i < PQntuples(res); i++)
```

```
{
    char        *iptr;
    char        *tptr;
    char        *bptr;
    int          blen;
    int          ival;

    /* Get the field values (we ignore possibility they are null!) */
    iptr = PQgetvalue(res, i, i_fnum);
    tptr = PQgetvalue(res, i, t_fnum);
    bptr = PQgetvalue(res, i, b_fnum);

    /*
     * The binary representation of INT4 is in network byte order, which
     * we'd better coerce to the local byte order.
     */
    ival = ntohl(*(uint32_t *) iptr);

    /*
     * The binary representation of TEXT is, well, text, and since libpq
     * was nice enough to append a zero byte to it, it'll work just fine
     * as a C string.
     *
     * The binary representation of BYTEA is a bunch of bytes, which could
     * include embedded nulls so we have to pay attention to field length.
     */
    blen = PQgetlength(res, i, b_fnum);

    printf("tuple %d: got\n", i);
    printf(" i = (%d bytes) %d\n",
           PQgetlength(res, i, i_fnum), ival);
    printf(" t = (%d bytes) '%s'\n",
           PQgetlength(res, i, t_fnum), tptr);
    printf(" b = (%d bytes) ", blen);
    for (j = 0; j < blen; j++)
        printf("\\%03o", bptr[j]);
    printf("\n\n");
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    const char *conninfo;
    PGconn     *conn;
    PGresult    *res;
    const char *paramValues[1];
    int         paramLengths[1];
    int         paramFormats[1];
    uint32_t    binaryIntVal;

    /*
     * If the user supplies a parameter on the command line, use it as the
     * conninfo string; otherwise default to setting dbname=postgres and using
     * environment variables or defaults for all other connection parameters.
     */
    if (argc > 1)
        conninfo = argv[1];
```

```
else
    conninfo = "dbname = postgres";

/* Make a connection to the database */
conn = PQconnectdb(conninfo);

/* Check to see that the backend connection was successfully made */
if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
{
    fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",
        PQerrorMessage(conn));
    exit_nicely(conn);
}

/* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
res = PQexec(conn, "SET search_path = testlibpq3");
if (PQresultStatus(res) != PGRES_COMMAND_OK)
{
    fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}
PQclear(res);

/*
 * The point of this program is to illustrate use of PQexecParams() with
 * out-of-line parameters, as well as binary transmission of data.
 *
 * This first example transmits the parameters as text, but receives the
 * results in binary format. By using out-of-line parameters we can avoid
 * a lot of tedious mucking about with quoting and escaping, even though
 * the data is text. Notice how we don't have to do anything special with
 * the quote mark in the parameter value.
 */

/* Here is our out-of-line parameter value */
paramValues[0] = "joe's place";

res = PQexecParams(conn,
    "SELECT * FROM test1 WHERE t = $1",
    1,          /* one param */
    NULL,      /* let the backend deduce param type */
    paramValues,
    NULL,      /* don't need param lengths since text */
    NULL,      /* default to all text params */
    1);        /* ask for binary results */

if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SELECT failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}

show_binary_results(res);

PQclear(res);
```

```
/*
 * In this second example we transmit an integer parameter in binary form,
 * and again retrieve the results in binary form.
 *
 * Although we tell PQexecParams we are letting the backend deduce
 * parameter type, we really force the decision by casting the parameter
 * symbol in the query text. This is a good safety measure when sending
 * binary parameters.
 */

/* Convert integer value "2" to network byte order */
binaryIntVal = htonl((uint32_t) 2);

/* Set up parameter arrays for PQexecParams */
paramValues[0] = (char *) &binaryIntVal;
paramLengths[0] = sizeof(binaryIntVal);
paramFormats[0] = 1;          /* binary */

res = PQexecParams(conn,
                   "SELECT * FROM test1 WHERE i = $1::int4",
                   1,          /* one param */
                   NULL,       /* let the backend deduce param type */
                   paramValues,
                   paramLengths,
                   paramFormats,
                   1);         /* ask for binary results */

if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SELECT failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}

show_binary_results(res);

PQclear(res);

/* close the connection to the database and cleanup */
PQfinish(conn);

return 0;
}
```

Глава 35. Большие объекты

В PostgreSQL имеется механизм для работы с *большими объектами*, предоставляющий доступ в потоковом режиме к пользовательским данным, сохранённым в специальной структуре больших объектов. Поточковый доступ удобен, когда нужно обрабатывать данные, объём которых слишком велик, чтобы оперировать ими как единым целым.

В этой главе описывается реализация, а также программный интерфейс и функции языка запросов для работы с данными больших объектов PostgreSQL. В примерах в этой главе будет использоваться библиотека `libpq` для языка C, но та же функциональность поддерживается и другими программными интерфейсами PostgreSQL. Другие интерфейсы могут использовать внутри себя интерфейс больших объектов для реализации общего подхода к работе с большими значениями. Здесь это не описывается.

35.1. Введение

Все большие объекты хранятся в одной системной таблице с именем `pg_largeobject`. Для каждого большого объекта также имеется запись в системной таблице `pg_largeobject_metadata`. Большие объекты можно создавать, изменять и удалять, используя API чтения/записи, подобный стандартному API для работы с файлами.

PostgreSQL также поддерживает систему хранения, названную «TOAST», которая автоматически переносит значения, не уместяющиеся в одну страницу таблицы, в дополнительную область хранения. Вследствие этого подсистема больших объектов отчасти оказывается устаревшей. Однако её преимуществом остаётся то, что она позволяет сохранять значения размером до 4 Тбайт, тогда как поля в TOAST ограничиваются 1 Гбайтом. Кроме того, чтение и изменение больших объектов можно выполнять эффективнее по сравнению с полями TOAST, которые при большинстве операций считываются и записываются как единое целое.

35.2. Особенности реализации

Механизм больших объектов разбивает большие объекты на «фрагменты» и сохраняет эти фрагменты в строках таблицы. При произвольном доступе на запись и чтение быстрый поиск нужного фрагмента обеспечивается индексом-B-деревом в этой таблице.

Фрагменты больших объектов не должны быть последовательными. Например, если приложение откроет новый большой объект, переместится к смещению 1000000 байт и запишет несколько байт, это не приведёт к выделению лишнего 1000000 байт в хранилище; записаны будут только фрагменты, покрывающие диапазон собственно записанных байт. Операция чтения, однако, прочитает нули для всех неразмещённых в хранилище байт, предшествующих последнему записанному фрагменту. Это соответствует принятому поведению «разреженных» файлов в файловых системах Unix.

Начиная с PostgreSQL 9.0, для больших объектов назначается владелец и набор прав доступа, которыми можно управлять командами `GRANT` и `REVOKE`. Для чтения большого объекта требуются права `SELECT`, а для записи или усечения его — права `UPDATE`. Удалять большой объект, задавать комментарий для него, либо сменить его владельца разрешается только его владельцу (или суперпользователю базы данных). Для совместимости с предыдущими версиями можно скорректировать это поведение, изменив параметр времени выполнения `lo_compat_privileges`.

35.3. Клиентские интерфейсы

В этом разделе описываются средства, которые предоставляет клиентская библиотека PostgreSQL `libpq` для обращения к большим объектам. Интерфейс работы с большими объектами PostgreSQL создан по подобию интерфейса файловых систем Unix, так что он включает аналоги функций `open`, `read`, `write`, `lseek` и т. д.

Все операции с большими объектами с применением этих функций *должны* иметь место в блоке транзакции SQL, так как дескрипторы больших объектов актуальны только во время транзакции.

Если при выполнении одной из этих функций происходит ошибка, эта функция возвращает значение, иначе невозможное, обычно 0 или -1. Сообщение, описывающее ошибку, сохраняется в объекте соединения; получить его можно с помощью `PQerrorMessage`.

Клиентские приложения, которые используют эти функции, должны включать заголовочный файл `libpq/libpq-fs.h` и компоноваться с библиотекой `libpq`.

35.3.1. Создание большого объекта

Функция

```
Oid lo_creat(PGconn *conn, int mode);
```

создаёт новый большой объект. Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки. Параметр `mode` не используется и игнорируется, начиная с PostgreSQL 8.1; однако для обратной совместимости с более ранними выпусками в нём лучше задать значение `INV_READ`, `INV_WRITE` или `INV_READ | INV_WRITE`. (Эти константы определены в заголовочном файле `libpq/libpq-fs.h`.)

Пример:

```
inv_oid = lo_creat(conn, INV_READ|INV_WRITE);
```

Функция

```
Oid lo_create(PGconn *conn, Oid lobjId);
```

также создаёт новый большой объект. В `lobjId` можно задать назначаемый ему OID; при этом произойдёт ошибка, если этот OID уже присвоен какому-либо большому объекту. Если в `lobjId` передаётся `InvalidOid` (ноль), `lo_create` присваивает большому объекту свободный OID (так же, как и `lo_creat`). Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки.

Функция `lo_create` появилась в PostgreSQL 8.1; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено `InvalidOid`.

Пример:

```
inv_oid = lo_create(conn, desired_oid);
```

35.3.2. Импорт большого объекта

Чтобы импортировать в качестве большого объекта файл операционной системы, вызовите

```
Oid lo_import(PGconn *conn, const char *filename);
```

В `filename` задаётся имя файла в операционной системе, который будет импортирован как большой объект. Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки. Заметьте, что этот файл читает библиотека клиентского интерфейса, а не сервер; таким образом, он должен существовать в файловой системе на стороне клиента и быть доступным для чтения клиентскому приложению.

Функция

```
Oid lo_import_with_oid(PGconn *conn, const char *filename, Oid lobjId);
```

также импортирует новый большой объект. В `lobjId` можно задать назначаемый ему OID; при этом произойдёт ошибка, если этот OID уже присвоен какому-либо большому объекту. Если в `lobjId` передаётся `InvalidOid` (ноль), `lo_import_with_oid` присваивает большому объекту свободный OID (так же, как и `lo_import`). Возвращаемым значением будет OID, назначенный новому большому объекту, либо `InvalidOid` (ноль) в случае ошибки.

Функция `lo_import_with_oid` появилась в PostgreSQL 8.4 и вызывает внутри `lo_create`, появившуюся в 8.1; если попытаться выполнить её с сервером версии 8.0 или ранней, она завершится ошибкой и возвратит `InvalidOid`.

35.3.3. Экспорт большого объекта

Чтобы экспортировать большой объект в файл операционной системы, вызовите

```
int lo_export(PGconn *conn, Oid lobjId, const char *filename);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID экспортируемого большого объекта, а в аргументе *filename* задаётся имя файла в операционной системе. Заметьте, что файл записывается библиотекой клиентского интерфейса, а не сервером. Возвращает 1 при успешном выполнении, -1 при ошибке.

35.3.4. Открытие существующего большого объекта

Чтобы открыть существующий большой объект для чтения или записи, вызовите

```
int lo_open(PGconn *conn, Oid lobjId, int mode);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID открываемого большого объекта. Биты в аргументе *mode* определяют, открывается ли файл для чтения (INV_READ), для записи (INV_WRITE), либо для чтения/записи. (Эти константы определяются в заголовочном файле `libpq/libpq-fs.h`.) Функция `lo_open` возвращает дескриптор большого объекта (неотрицательный) для последующего использования в функциях `lo_read`, `lo_write`, `lo_lseek`, `lo_lseek64`, `lo_tell`, `lo_tell64`, `lo_truncate`, `lo_truncate64` и `lo_close`. Этот дескриптор актуален только до завершения текущей транзакции. В случае ошибки возвращается -1.

В настоящее время сервер не различает режимы INV_WRITE и INV_READ | INV_WRITE: с таким дескриптором можно читать данные в любом случае. Однако есть значительное отличие этих режимов от одиночного INV_READ: с дескриптором INV_READ записывать данные нельзя, а данные, считываемые через него, будут отражать содержимое большого объекта в снимке транзакции, который был активен при выполнении `lo_open`, то есть не будут включать изменения, произведённые позже этой или другими транзакциями. При чтении с дескриптором INV_WRITE возвращаются данные, отражающие все изменения, произведённые другими зафиксированными транзакциями, а также текущей транзакцией. Это подобно различиям режимов REPEATABLE READ и READ COMMITTED для обычных команд SQL SELECT.

Функция `lo_open` завершится ошибкой, если пользователь не имеет права SELECT для данного большого объекта или если указан флаг INV_WRITE и отсутствует право UPDATE. (До PostgreSQL 11 права проверялись при первом фактическом вызове функции чтения или записи с этим дескриптором.) Отключить новые проверки можно с помощью параметра времени выполнения `lo_compat_privileges`.

Пример:

```
inv_fd = lo_open(conn, inv_oid, INV_READ|INV_WRITE);
```

35.3.5. Запись данных в большой объект

Функция

```
int lo_write(PGconn *conn, int fd, const char *buf, size_t len);
```

записывает *len* байт из буфера *buf* (который должен иметь размер *len*) в дескриптор большого объекта *fd*. В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом `lo_open`. Возвращает эта функция число фактически записанных байт (в текущей реализации это всегда *len*, если только не произошла ошибка). В случае ошибки возвращается значение -1.

Хотя параметр *len* объявлен как `size_t`, эта функция не принимает значение длины, превышающее `INT_MAX`. На практике всё равно лучше передавать данные фрагментами не больше нескольких мегабайт.

35.3.6. Чтение данных из большого объекта

Функция

```
int lo_read(PGconn *conn, int fd, char *buf, size_t len);
```

читает до *len* байт из дескриптора большого объекта *fd* в буфер *buf* (который должен иметь размер *len*). В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом *lo_open*. Возвращает эта функция число фактически прочитанных байт; это число должно быть меньше *len*, если при чтении был достигнут конец объекта. В случае ошибки возвращается -1.

Хотя параметр *len* объявлен как *size_t*, эта функция не принимает значение длины, превышающее *INT_MAX*. На практике всё равно лучше передавать данные фрагментами не больше нескольких мегабайт.

35.3.7. Перемещение в большом объекте

Чтобы изменить текущее положение чтения или записи, связанное с дескриптором большого объекта, вызовите

```
int lo_lseek(PGconn *conn, int fd, int offset, int whence);
```

Эта функция перемещает указатель текущего положения для дескриптора большого объекта *fd* в новое положение, заданное аргументом *offset*. Для аргумента *whence* задаются значения *SEEK_SET* (перемещение от начала объекта), *SEEK_CUR* (перемещение от текущего положения) и *SEEK_END* (перемещение от конца объекта). Возвращает эта функция новое положение указателя, либо -1 в случае ошибки.

Оперируя с большими объектами, размер которых превышает 2 ГБ, используйте

```
pg_int64 lo_lseek64(PGconn *conn, int fd, pg_int64 offset, int whence);
```

Эта функция действует так же, как и *lo_lseek*, но может принять значение *offset*, превышающее 2 ГБ, и/или вернуть результат, превышающий 2 ГБ. Заметьте, что если новое положение указателя оказывается за границей в 2 ГБ, функция *lo_lseek* выдаёт ошибку.

Функция *lo_lseek64* появилась в PostgreSQL 9.3. Если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

35.3.8. Получение текущего положения в большом объекте

Чтобы получить текущее положение чтения или записи для дескриптора большого объекта, вызовите

```
int lo_tell(PGconn *conn, int fd);
```

Если возникает ошибка, возвращается -1.

Оперируя с большими объектами, размер которых может превышать 2 ГБ, используйте

```
pg_int64 lo_tell64(PGconn *conn, int fd);
```

Эта функция действует так же, как *lo_tell*, но может выдавать результат, превышающий 2 ГБ. Заметьте, что *lo_tell* выдаёт ошибку, если текущее положение чтения/записи оказывается за границей в 2 ГБ.

Функция *lo_tell64* появилась в PostgreSQL 9.3. Если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

35.3.9. Усечение большого объекта

Чтобы усечь большой объект до требуемой длины, вызовите

```
int lo_truncate(PGcon *conn, int fd, size_t len);
```

Эта функция усекает большой объект с дескриптором *fd* до длины *len*. В *fd* должно передаваться значение, возвращённое предыдущим вызовом *lo_open*. Если *len* превышает текущую длину большого объекта, большой объект расширяется до заданной длины нулевыми байтами ('\0'). В случае успеха *lo_truncate* возвращает ноль, а при ошибке возвращается -1.

Положение чтения/записи, связанное с дескриптором *fd*, при этом не меняется.

Хотя параметр *len* объявлен как *size_t*, *lo_truncate* не принимает значение длины, превышающее *INT_MAX*.

Оперируя с большими объектами, размер которых может превышать 2 ГБ, используйте

```
int lo_truncate64(PGconn *conn, int fd, pg_int64 len);
```

Эта функция действует так же, как *lo_truncate*, но может принимать значения *len*, превышающие 2 ГБ.

Функция *lo_truncate* появилась в PostgreSQL 8.3; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

Функция *lo_truncate64* появилась в PostgreSQL 9.3; если попытаться выполнить её с сервером более старой версии, произойдёт ошибка и будет возвращено -1.

35.3.10. Заккрытие дескриптора большого объекта

Дескриптор большого объекта можно закрыть, вызвав

```
int lo_close(PGconn *conn, int fd);
```

Здесь *fd* — дескриптор большого объекта, возвращённый функцией *lo_open*. В случае успеха *lo_close* возвращает ноль. При ошибке возвращается -1.

Все дескрипторы больших объектов, остающиеся открытыми в конце транзакции, закрываются автоматически.

35.3.11. Удаление большого объекта

Чтобы удалить большой объект из базы данных, вызовите

```
int lo_unlink(PGconn *conn, Oid lobjId);
```

В аргументе *lobjId* задаётся OID большого объекта, который нужно удалить. В случае успеха возвращается 1, а в случае ошибки -1.

35.4. Серверные функции

Функции, предназначенные для работы с большими объектами на стороне сервера из SQL, перечислены в Таблице 35.1.

Таблица 35.1. SQL-ориентированные функции для работы с большими объектами

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<i>lo_from_bytea</i> (<i>loid</i> <i>oid</i> , <i>string</i> <i>bytea</i>)	<i>oid</i>	Создаёт большой объект, сохраняет в нём данные и возвращает его OID. С 0 система выбирает OID сама.	<i>lo_from_bytea</i> (0, '\xffffffff00')	24528
<i>lo_put</i> (<i>loid</i> <i>oid</i> , <i>offset</i> <i>offset</i> , <i>bigint</i> , <i>str</i> <i>bytea</i>)	<i>void</i>	Записывает данные по заданному смещению.	<i>lo_put</i> (24528, 1, '\xaa')	
<i>lo_get</i> (<i>loid</i> <i>oid</i> [<i>oid</i> , <i>from</i> <i>bigint</i> , <i>for</i> <i>int</i>])	<i>bytea</i>	Извлекает содержимое подстроки.	<i>lo_get</i> (24528, 0, 3)	\xffaaff

Каждой из клиентских функций, описанных ранее, соответствуют дополнительные функции на стороне сервера; на самом деле, по большей части клиентские функции представляют собой просто интерфейсы к равнозначным серверным функциям. К функциям, которые так же удобно вызывать командами SQL, относятся: `lo_creat`, `lo_create`, `lo_unlink`, `lo_import` и `lo_export`. Ниже приведены примеры их использования:

```
CREATE TABLE image (
    name          text,
    raster        oid
);

SELECT lo_creat(-1);          -- возвращает OID нового пустого большого объекта

SELECT lo_create(43213);     -- пытается создать большой объект с OID 43213

SELECT lo_unlink(173454);    -- удаляет большой объект с OID 173454

INSERT INTO image (name, raster)
VALUES ('beautiful image', lo_import('/etc/motd'));

INSERT INTO image (name, raster) -- то же, что выше, но с предопределённым OID
VALUES ('beautiful image', lo_import('/etc/motd', 68583));

SELECT lo_export(image.raster, '/tmp/motd') FROM image
WHERE name = 'beautiful image';
```

Серверные функции `lo_import` и `lo_export` значительно отличаются от их аналогов, выполняемых на стороне клиента. Эти две функции читают и пишут файлы в файловой системе сервера с правами пользователя-владельца базы данных. Поэтому по умолчанию использовать их разрешено только суперпользователям. Клиентские функции импорта и экспорта, напротив, используют права клиентской программы для чтения и записи файлов в файловой системе клиента. Для выполнения клиентских функций никакие права в базе данных не требуется, кроме права на чтение или запись требуемого большого объекта.

Внимание

Использование серверных функций `lo_import` и `lo_export` можно разрешить (воспользовавшись `GRANT`) не только суперпользователям, но при этом следует серьёзно оценить возможные угрозы безопасности. Злонамеренный пользователь, имея такие права, легко может стать суперпользователем (например, перезаписав файлы конфигурации сервера) или атаковать другие области файловой системы сервера, не стремясь получить полномочия суперпользователя в базе данных. *Поэтому доступ к ролям с такими правами должен ограничиваться так же строго, как и доступ к ролям суперпользователей.* Тем не менее, если серверные функции `lo_import` и `lo_export` необходимо применять для каких-либо регулярных операций, безопаснее будет использовать роль с такими правами, чем с правами суперпользователя, так как это помогает предохраниться от случайных ошибок.

Функциональность `lo_read` и `lo_write` также представляется через вызовы на стороне сервера, но имена серверных функций, в отличие от клиентских, не содержат символы подчёркивания. Эти функции нужно вызывать по именам `loread` и `lowrite`.

35.5. Пример программы

В Примере 35.1 представлена пробная программа, демонстрирующая использование интерфейса больших объектов в `libpq`. Части этой программы закомментированы, но оставлены в тексте для читателя. Эту программу также можно найти в `src/test/examples/testlo.c` в дистрибутиве исходного кода.

Пример 35.1. Пример использования больших объектов с применением libpq

```

/*-----
 *
 * testlo.c
 *   test using large objects with libpq
 *
 * Portions Copyright (c) 1996-2018, PostgreSQL Global Development Group
 * Portions Copyright (c) 1994, Regents of the University of California
 *
 *
 * IDENTIFICATION
 *   src/test/examples/testlo.c
 *
 *-----
 */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
#include <fcntl.h>
#include <unistd.h>

#include "libpq-fe.h"
#include "libpq/libpq-fs.h"

#define BUFSIZE          1024

/*
 * importFile -
 *   import file "in_filename" into database as large object "lobjOid"
 *
 */
static Oid
importFile(PGconn *conn, char *filename)
{
    Oid          lobjId;
    int          lobj_fd;
    char         buf[BUFSIZE];
    int          nbytes,
                tmp;
    int          fd;

    /*
     * open the file to be read in
     */
    fd = open(filename, O_RDONLY, 0666);
    if (fd < 0)
    {
        /* error */
        fprintf(stderr, "cannot open unix file \"%s\"\n", filename);
    }

    /*
     * create the large object
     */
    lobjId = lo_creat(conn, INV_READ | INV_WRITE);
    if (lobjId == 0)

```

```

        fprintf(stderr, "cannot create large object");

lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_WRITE);

/*
 * read in from the Unix file and write to the inversion file
 */
while ((nbytes = read(fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
{
    tmp = lo_write(conn, lobj_fd, buf, nbytes);
    if (tmp < nbytes)
        fprintf(stderr, "error while reading \"%s\"", filename);
}

close(fd);
lo_close(conn, lobj_fd);

return lobjId;
}

static void
pickout(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
    int         lobj_fd;
    char        *buf;
    int         nbytes;
    int         nread;

    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
    if (lobj_fd < 0)
        fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

    lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
    buf = malloc(len + 1);

    nread = 0;
    while (len - nread > 0)
    {
        nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, len - nread);
        buf[nbytes] = '\0';
        fprintf(stderr, ">>> %s", buf);
        nread += nbytes;
        if (nbytes <= 0)
            break;                /* no more data? */
    }
    free(buf);
    fprintf(stderr, "\n");
    lo_close(conn, lobj_fd);
}

static void
overwrite(PGconn *conn, Oid lobjId, int start, int len)
{
    int         lobj_fd;
    char        *buf;
    int         nbytes;
    int         nwritten;
    int         i;

```

```

lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_WRITE);
if (lobj_fd < 0)
    fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

lo_lseek(conn, lobj_fd, start, SEEK_SET);
buf = malloc(len + 1);

for (i = 0; i < len; i++)
    buf[i] = 'X';
buf[i] = '\0';

nwritten = 0;
while (len - nwritten > 0)
{
    nbytes = lo_write(conn, lobj_fd, buf + nwritten, len - nwritten);
    nwritten += nbytes;
    if (nbytes <= 0)
    {
        fprintf(stderr, "\nWRITE FAILED!\n");
        break;
    }
}
free(buf);
fprintf(stderr, "\n");
lo_close(conn, lobj_fd);
}

/*
 * exportFile -
 *   export large object "lobjOid" to file "out_filename"
 *
 */
static void
exportFile(PGconn *conn, Oid lobjId, char *filename)
{
    int         lobj_fd;
    char        buf[BUFSIZE];
    int         nbytes,
               tmp;
    int         fd;

    /*
     * open the large object
     */
    lobj_fd = lo_open(conn, lobjId, INV_READ);
    if (lobj_fd < 0)
        fprintf(stderr, "cannot open large object %u", lobjId);

    /*
     * open the file to be written to
     */
    fd = open(filename, O_CREAT | O_WRONLY | O_TRUNC, 0666);
    if (fd < 0)
    {
        /* error */
        fprintf(stderr, "cannot open unix file \"%s\"",
                filename);
    }
}

```



```

    }

    /*
     * read in from the inversion file and write to the Unix file
     */
    while ((nbytes = lo_read(conn, lobj_fd, buf, BUFSIZE)) > 0)
    {
        tmp = write(fd, buf, nbytes);
        if (tmp < nbytes)
        {
            fprintf(stderr, "error while writing \"%s\"",
                    filename);
        }
    }

    lo_close(conn, lobj_fd);
    close(fd);

    return;
}

static void
exit_nicely(PGconn *conn)
{
    PQfinish(conn);
    exit(1);
}

int
main(int argc, char **argv)
{
    char      *in_filename,
              *out_filename;
    char      *database;
    Oid       lobjOid;
    PGconn    *conn;
    PGresult   *res;

    if (argc != 4)
    {
        fprintf(stderr, "Usage: %s database_name in_filename out_filename\n",
                argv[0]);
        exit(1);
    }

    database = argv[1];
    in_filename = argv[2];
    out_filename = argv[3];

    /*
     * set up the connection
     */
    conn = PQsetdb(NULL, NULL, NULL, NULL, database);

    /* check to see that the backend connection was successfully made */
    if (PQstatus(conn) != CONNECTION_OK)
    {
        fprintf(stderr, "Connection to database failed: %s",

```

```

        PQerrorMessage(conn));
    exit_nicely(conn);
}

/* Set always-secure search path, so malicious users can't take control. */
res = PQexec(conn,
    "SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)");
if (PQresultStatus(res) != PGRES_TUPLES_OK)
{
    fprintf(stderr, "SET failed: %s", PQerrorMessage(conn));
    PQclear(res);
    exit_nicely(conn);
}
PQclear(res);

res = PQexec(conn, "begin");
PQclear(res);
printf("importing file \"%s\" ...\n", in_filename);
/* lobjOid = importFile(conn, in_filename); */
lobjOid = lo_import(conn, in_filename);
if (lobjOid == 0)
    fprintf(stderr, "%s\n", PQerrorMessage(conn));
else
{
    printf("\tas large object %u.\n", lobjOid);

    printf("picking out bytes 1000-2000 of the large object\n");
    pickout(conn, lobjOid, 1000, 1000);

    printf("overwriting bytes 1000-2000 of the large object with X's\n");
    overwrite(conn, lobjOid, 1000, 1000);

    printf("exporting large object to file \"%s\" ...\n", out_filename);
/* exportFile(conn, lobjOid, out_filename); */
    if (lo_export(conn, lobjOid, out_filename) < 0)
        fprintf(stderr, "%s\n", PQerrorMessage(conn));
}

res = PQexec(conn, "end");
PQclear(res);
PQfinish(conn);
return 0;
}

```

Глава 36. ECPG — встраиваемый SQL в С

В этой главе описывается встраиваемый SQL для PostgreSQL. Авторы этой разработки: Линус Толке (<linus@epact.se>) и Михаэль Мескес (<meskes@postgresql.org>). Изначально этот проект предназначался для С. Сейчас он также работает с С++, но пока не распознаёт все конструкции С++.

Эта документация не абсолютно полная, но так как этот интерфейс стандартизирован, дополнительные сведения можно почерпнуть во многих ресурсах, посвящённых SQL.

36.1. Концепция

Программа со встраиваемым SQL состоит из кода, написанного на обычном языке программирования, в данном случае, С, дополненного командами SQL в специально обозначенных секциях. Чтобы собрать программу, её исходный код (*.pgc) сначала нужно пропустить через препроцессор встраиваемого SQL, который превратит её в обычную программу на С (*.c), которую затем сможет обработать компилятор С. (Подробнее компиляция и компоновка описывается в Разделе 36.10). Преобразованные приложения ECPG вызывают функции в библиотеке libpq через библиотеку встраиваемого SQL (ecpglib) и взаимодействуют с сервером PostgreSQL по обычному клиент-серверному протоколу.

Встраиваемый SQL имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами вызова команд SQL из кода С. Во-первых, этот механизм берёт на себя заботу о передаче информации через переменные в программе на С. Во-вторых, код SQL в программе проверяется на синтаксическую правильность во время сборки. В-третьих, встраиваемый SQL в С описан стандартом SQL и поддерживается многими другими СУБД SQL. Реализация в PostgreSQL разработана так, чтобы максимально соответствовать этому стандарту, поэтому обычно достаточно легко портировать в PostgreSQL программы с встраиваемым SQL, написанные для других СУБД.

Как уже сказано, программы, написанные для интерфейса встраиваемого SQL, представляют собой обычные программы на С с добавленным специальным кодом, который выполняет действия, связанные с базой данных. Этот специальный код всегда имеет следующую форму:

```
EXEC SQL ...;
```

Такие операторы синтаксически занимают место операторов С. В зависимости от конкретного оператора, они могут размещаться на глобальном уровне или внутри функции. Встраиваемые операторы SQL следуют правилам учёта регистра, принятым в обычном коде SQL, а не в С. Они также допускают вложенные комментарии в стиле С, разрешённые стандартом SQL. Однако остальная часть программы, написанная на С, в соответствии со стандартом С содержать вложенные комментарии не может.

Все встраиваемые операторы SQL рассматриваются в следующих разделах.

36.2. Управление подключениями к базе данных

В этом разделе описывается, как открывать, закрывать и переключать подключения к базам данных.

36.2.1. Подключение к серверу баз данных

Подключение к базе данных выполняется следующим оператором:

```
EXEC SQL CONNECT TO цель-подключения [AS имя-подключения] [USER имя-пользователя];
```

Цель может задаваться следующими способами:

- *имя_бд*[@*имя_сервера*] [:*порт*]
- tcp:postgresql://*имя_сервера*[:*порт*] [/*имя_бд*] [?*параметры*]

- `unix:postgresql://имя_сервера[:порт] [/имя_бд] [?параметры]`
- строковая константа SQL, содержащая одну из вышеприведённых записей
- ссылка на символьную переменную, содержащую одну из вышеприведённых записей (см. примеры)
- `DEFAULT`

Если цель подключения задаётся буквально (то есть не через переменную) и значение не заключается в кавычки, регистр в этой строке не учитывается, как в обычном SQL. В этом случае при необходимости также можно заключить в двойные кавычки отдельные параметры. На практике, чтобы не провоцировать ошибки, лучше заключать строку в апострофы, либо передавать её в переменной. С целью подключения `DEFAULT` устанавливается подключение к базе данных по умолчанию с именем пользователя по умолчанию. Другое имя пользователя или имя подключения в этом случае указать нельзя.

Также разными способами можно указать имя пользователя:

- `имя_пользователя`
- `имя_пользователя/пароль`
- `имя_пользователя IDENTIFIED BY пароль`
- `имя_пользователя USING пароль`

В показанных выше строках `имя_пользователя` и `пароль` могут задаваться идентификатором или строковой константой SQL, либо ссылкой на символьную переменную.

Указание `имя-подключения` применяется, когда в одной программе нужно использовать несколько подключений. Его можно опустить, если программа работает только с одним подключением. Соединение, открытое последним, становится текущим и будет использоваться по умолчанию при выполнении операторов SQL (это описывается далее в этой главе).

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Например, добавьте `options=-csearch_path=` в `options` или выполните `EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false);` после подключения. Это касается не только ECPG, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

Вот некоторые примеры оператора `CONNECT`:

```
EXEC SQL CONNECT TO mydb@sql.mydomain.com;

EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://sql.mydomain.com/mydb AS myconnection USER john;

EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *target = "mydb@sql.mydomain.com";
const char *user = "john";
const char *passwd = "secret";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
...
EXEC SQL CONNECT TO :target USER :user USING :passwd;
/* или EXEC SQL CONNECT TO :target USER :user/:passwd; */
```

В последней форме используется вариант, названный выше ссылкой на символьную переменную. В последующих разделах вы узнаете, как в SQL-операторах можно использовать переменные C, приставляя перед именем двоеточие.

Учтите, что формат цели подключения не описывается в стандарте SQL. Поэтому, если вы хотите разрабатывать переносимые приложения, имеет смысл применить подход, показанный в последнем примере, и сформировать строку подключения отдельно.

36.2.2. Выбор подключения

SQL-операторы в программах со встраиваемым SQL по умолчанию выполняются с текущим подключением, то есть с подключением, которое было открыто последним. Если приложению нужно управлять несколькими подключениями, это можно сделать двумя способами.

Первый вариант — явно выбирать подключение для каждого SQL-оператора, например, так:

```
EXEC SQL AT имя-подключения SELECT ...;
```

Этот вариант хорошо подходит для случаев, когда приложению нужно использовать несколько подключений в смешанном порядке.

Если ваше приложение выполняется в нескольких потоках, они не могут использовать подключение одновременно. Поэтому вы должны либо явно управлять доступом (используя мьютексы), либо использовать отдельные подключения для каждого потока.

Второй вариант — выполнять оператор, переключающий текущее подключение. Этот оператор записывается так:

```
EXEC SQL SET CONNECTION имя-подключения;
```

Этот вариант особенно удобен, когда с одним подключением нужно выполнить несколько операторов.

Следующий пример программы демонстрирует управление несколькими подключениями к базам данных:

```
#include <stdio.h>

EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

int
main()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1 AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb2 AS con2 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb3 AS con3 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    /* This query would be executed in the last opened database "testdb3". */
    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb3)\n", dbname);

    /* Using "AT" to run a query in "testdb2" */
    EXEC SQL AT con2 SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb2)\n", dbname);

    /* Switch the current connection to "testdb1". */
    EXEC SQL SET CONNECTION con1;

    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current=%s (should be testdb1)\n", dbname);

    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}
```

Этот пример должен вывести следующее:

```
current=testdb3 (should be testdb3)
current=testdb2 (should be testdb2)
current=testdb1 (should be testdb1)
```

36.2.3. Заккрытие подключения

Чтобы закрыть подключение, примените следующий оператор:

```
EXEC SQL DISCONNECT [подключение];
```

Подключение можно задать следующими способами:

- *имя-подключения*
- DEFAULT
- CURRENT
- ALL

Если имя подключения не задано, закрывается текущее подключение.

Хорошим стилем считается, когда приложение явно закрывает каждое подключение, которое оно открыло.

36.3. Запуск команд SQL

В приложении со встраиваемым SQL можно запустить любую команду SQL. Ниже приведены несколько примеров, показывающих как это делать.

36.3.1. Выполнение операторов SQL

Создание таблицы:

```
EXEC SQL CREATE TABLE foo (number integer, ascii char(16));
EXEC SQL CREATE UNIQUE INDEX num1 ON foo(number);
EXEC SQL COMMIT;
```

Добавление строк:

```
EXEC SQL INSERT INTO foo (number, ascii) VALUES (9999, 'doodad');
EXEC SQL COMMIT;
```

Удаление строк:

```
EXEC SQL DELETE FROM foo WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

Изменение:

```
EXEC SQL UPDATE foo
      SET ascii = 'foobar'
      WHERE number = 9999;
EXEC SQL COMMIT;
```

Операторы `SELECT`, возвращающие одну строку результата, также могут выполняться непосредственно командой `EXEC SQL`. Чтобы обработать наборы результатов с несколькими строками, приложение должно использовать курсоры; см. Подраздел 36.3.2 ниже. (В отдельных случаях приложение может выбрать сразу несколько строк в переменную массива; см. Подраздел 36.4.4.3.1.)

Выборка одной строки:

```
EXEC SQL SELECT foo INTO :FooBar FROM table1 WHERE ascii = 'doodad';
```

Так же можно получить параметр конфигурации командой `SHOW`:

```
EXEC SQL SHOW search_path INTO :var;
```

Идентификаторы вида `:имя` воспринимаются как *переменные среды*, то есть они ссылаются на переменные программы C. Они рассматриваются в Разделе 36.4.

36.3.2. Использование курсоров

Чтобы получить набор результатов, содержащий несколько строк, приложение должно объявить курсор и выбирать каждую строку через него. Использование курсора подразумевает следующие шаги: объявление курсора, открытие его, выборку строки через курсор, повторение предыдущего шага, и наконец, закрытие курсора.

Выборка с использованием курсоров:

```
EXEC SQL DECLARE foo_bar CURSOR FOR
    SELECT number, ascii FROM foo
    ORDER BY ascii;
EXEC SQL OPEN foo_bar;
EXEC SQL FETCH foo_bar INTO :FooBar, DooDad;
...
EXEC SQL CLOSE foo_bar;
EXEC SQL COMMIT;
```

Более подробно объявление курсора описывается в DECLARE, а команда FETCH описана в FETCH.

Примечание

Команда DECLARE в ECPG на самом деле не передаёт этот оператор серверу PostgreSQL. Курсор открывается на сервере (командой сервера DECLARE) в момент, когда выполняется команда OPEN.

36.3.3. Управление транзакциями

В режиме по умолчанию операторы фиксируются только когда выполняется `EXEC SQL COMMIT`. Интерфейс встраиваемого SQL также поддерживает автофиксацию транзакций (так работает `libpq` по умолчанию); она включается аргументом командной строки `-t` программы `ecpg` (см. `ecpg`) либо оператором `EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO ON`. В режиме автофиксации каждая команда фиксируется автоматически, если только она не помещена в явный блок транзакции. Этот режим можно выключить явным образом, выполнив `EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO OFF`.

Поддерживаются следующие команды управления транзакциями:

```
EXEC SQL COMMIT
```

Зафиксировать текущую транзакцию.

```
EXEC SQL ROLLBACK
```

Откатить текущую транзакцию.

```
EXEC SQL PREPARE TRANSACTIONид_транзакции
```

Подготовить текущую транзакцию для двухфазной фиксации.

```
EXEC SQL COMMIT PREPAREDид_транзакции
```

Зафиксировать транзакцию в подготовленном состоянии.

```
EXEC SQL ROLLBACK PREPAREDид_транзакции
```

Откатить транзакцию в подготовленном состоянии.

```
EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO ON
```

Включить режим автофиксации.

```
EXEC SQL SET AUTOCOMMIT TO OFF
```

Отключить режим автофиксации. По умолчанию он отключён.

36.3.4. Подготовленные операторы

Когда значения, передаваемые оператору SQL, неизвестны во время компиляции, или один и тот же оператор будет использоваться многократно, могут быть полезны подготовленные операторы.

Оператор подготавливается командой `PREPARE`. Вместо значений, которые ещё неизвестны, вставляются местозаполнители «?»:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM "SELECT oid, datname FROM pg_database WHERE oid = ?";
```

Если оператор возвращает одну строку, приложение может вызвать `EXECUTE` после `PREPARE` для выполнения этого оператора, указав фактические значения для местозаполнителей в предложении `USING`:

```
EXEC SQL EXECUTE stmt1 INTO :dboid, :dbname USING 1;
```

Если оператор возвращает несколько строк, приложение может использовать курсор, объявленный на базе подготовленного оператора. Чтобы привязать входные параметры, курсор нужно открыть с предложением `USING`:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM "SELECT oid, datname FROM pg_database WHERE oid > ?";
EXEC SQL DECLARE foo_bar CURSOR FOR stmt1;
```

```
/* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
```

```
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;
```

```
EXEC SQL OPEN foo_bar USING 100;
```

```
...
```

```
while (1)
```

```
{
```

```
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM foo_bar INTO :dboid, :dbname;
```

```
    ...
```

```
}
```

```
EXEC SQL CLOSE foo_bar;
```

Когда подготовленный оператор больше не нужен, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE PREPARE имя;
```

Подробнее оператор `PREPARE` описан в `PREPARE`. Также обратитесь к Разделу 36.5 за дополнительными сведениями о местозаполнителях и входных параметрах.

36.4. Использование переменных среды

В Разделе 36.3 вы увидели, как можно выполнять операторы SQL в программе со встраиваемым SQL. Некоторые из этих операторов использовали только фиксированные значения и не давали возможности вставлять в операторы произвольные значения или обрабатывать значения, возвращённые запросом. Операторы такого вида не очень полезны в реальных приложениях. В этом разделе подробно описывается, как можно передавать данные между программой на C и встраиваемыми операторами SQL, используя простой механизм, так называемые *переменные среды*. В программе со встраиваемым SQL мы считаем SQL-операторы *внедрёнными* в код программы на C, языке *среды*. Таким образом, переменные программы на C называются *переменными среды*.

Ещё один способ передать значения данных между сервером PostgreSQL и приложениями ECPG заключается в использовании дескрипторов SQL, как описано в Разделе 36.7.

36.4.1. Обзор

Передавать данные между программой C и операторами SQL во встраиваемом SQL очень просто. Вместо того, чтобы вставлять данные в оператор, что влечёт дополнительные усложнения, в частности нужно правильно заключать значения в кавычки, можно просто записать имя переменной C в операторе SQL, предварив его двоеточием. Например:

```
EXEC SQL INSERT INTO sometable VALUES (:v1, 'foo', :v2);
```

Этот оператор обращается к двум переменным C с именами `v1` и `v2` и также использует обычную строковую константу SQL, показывая тем самым, что можно свободно сочетать разные виды данных.

Этот метод включения переменных C в операторы SQL работает везде, где оператор SQL принимает выражение значения.

36.4.2. Секции объявлений

Чтобы передать данные из программы в базу данных, например, в виде параметров запроса, либо получить данные из базы данных в программе, переменные C, которые должны содержать эти данные, нужно объявить в специально помеченных секциях, чтобы препроцессор встраиваемого SQL знал о них.

Секция начинается с:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

и заканчивается командой:

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Между этими строками должны располагаться обычные объявления переменных C, например:

```
int    x = 4;
char   foo[16], bar[16];
```

Как здесь показано, переменной можно присвоить начальное значение. Область видимости переменной определяется расположением секции, в которой она объявляется в программе. Вы также можете объявить переменную следующим образом (при этом неявно создаётся секция объявлений):

```
EXEC SQL int i = 4;
```

Вы можете включать в программу столько секций объявлений, сколько захотите.

Эти объявления выводятся в результирующий файл как объявления обычных переменных C, так что эти переменные не нужно объявлять снова. Переменные, которые не предназначены для использования в командах SQL, можно объявить как обычно вне этих специальных секций.

Определение структуры или объединения тоже должно размещаться в секции `DECLARE`. В противном случае препроцессор не сможет воспринять эти типы, так как не будет знать их определения.

36.4.3. Получение результатов запроса

Теперь вы умеете передавать данные, подготовленные вашей программой, в команду SQL. Но как получить результаты запроса? Для этой цели во встраиваемом SQL есть особые вариации обычных команд `SELECT` и `FETCH`. У этих команд есть специальное предложение `INTO`, определяющее, в какие переменные среды будут помещены получаемые значения. `SELECT` используется для запросов, возвращающих только одну строку, а `FETCH` применяется с курсором для запросов, возвращающих несколько строк.

Пример:

```
/*
```

```
* предполагается существование такой таблицы:
* CREATE TABLE test1 (a int, b varchar(50));
*/
```

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int v1;
VARCHAR v2;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
...
```

```
EXEC SQL SELECT a, b INTO :v1, :v2 FROM test;
```

Предложение `INTO` размещается между списком выборки и предложением `FROM`. Число элементов в списке выборки должно равняться числу элементов в списке после `INTO` (также называемом целевым списком).

Следующий пример демонстрирует использование команды `FETCH`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int v1;
VARCHAR v2;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
...
```

```
EXEC SQL DECLARE foo CURSOR FOR SELECT a, b FROM test;
```

```
...
```

```
do
{
    ...
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM foo INTO :v1, :v2;
    ...
} while (...);
```

Здесь предложение `INTO` размещается после всех остальных обычных предложений.

36.4.4. Сопоставление типов

Когда приложения ECPG передают данные между сервером PostgreSQL и программой на C, например, получая результаты запроса с сервера или выполняя операторы SQL с входными параметрами, эти данные должны преобразовываться из типов PostgreSQL в типы переменных языка среды (а именно типы языка C) и наоборот. Одно из главных качеств ECPG состоит в том, что в большинстве случаев он делает это автоматически.

В этом отношении можно выделить два вида типов данных. К первому относятся простые типы данных PostgreSQL, такие как `integer` и `text`, которые приложение может непосредственно читать и писать. С другими типами данных, такими как `timestamp` и `numeric`, можно работать только через специальные функции; см. Подраздел 36.4.4.2.

В Таблице 36.1 показано, как типы данных PostgreSQL соответствуют типам данных C. Когда нужно передать или получить значение определённого типа данных PostgreSQL, вы должны объявить переменную C соответствующего типа C в секции объявлений.

Таблица 36.1. Соответствие между типами данных PostgreSQL и типами переменных C

Тип данных PostgreSQL	Тип переменной среды
<code>smallint</code>	<code>short</code>

Тип данных PostgreSQL	Тип переменной среды
integer	int
bigint	long long int
decimal	decimal ^a
numeric	numeric ^a
real	float
double precision	double
smallserial	short
serial	int
bigserial	long long int
oid	unsigned int
character(n), varchar(n), text	char[n+1], VARCHAR[n+1] ^b
name	char[NAMEDATALEN]
timestamp	timestamp ^a
interval	interval ^a
date	date ^a
boolean	bool ^c
bytea	char *

^aС этим типом можно работать только через специальные функции; см. Подраздел 36.4.4.2.

^bобъявляется в `ecpglib.h`

^cобъявляется в `ecpglib.h` при отсутствии стандартного объявления

36.4.4.1. Работа с символьными строками

Для обработки типов символьных строк SQL, таких как `varchar` и `text`, предлагаются два варианта объявления переменных среды.

Первый способ заключается в использовании `char[]`, массива `char`, как чаще всего и представляются символьные данные в C.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char str[50];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Заметьте, что о длине этого массива вы должны подумать сами. Если вы укажете данную переменную среды в качестве целевой переменной запроса, возвращающего строку длиннее 49 символов, произойдёт переполнение буфера.

В качестве другого подхода можно использовать специальный тип `VARCHAR`, представленный в ECPG. Определение массива типа `VARCHAR` преобразуется в структуру (`struct`) с собственным именем для каждой переменной. Объявление вида:

```
VARCHAR var[180];
```

преобразуется в:

```
struct varchar_var { int len; char arr[180]; } var;
```

Член структуры `arr` содержит строку, включающую завершающий нулевой байт. Таким образом, чтобы сохранить строку в переменной типа `VARCHAR`, эта переменная должна быть объявлена с длиной, учитывающей завершающий нулевой байт. Член структуры `len` содержит длину строки, сохранённой в `arr`, без завершающего нулевого байта. Когда на вход запросу подаётся переменная среды, у которой `strlen(arr)` отличается от `len`, применяется наименьшее значение.

`VARCHAR` можно записать в верхнем или нижнем регистре, но не в смешанном.

Переменные `char` и `VARCHAR` также могут содержать значения других типов SQL в их строковом представлении.

36.4.4.2. Обработка специальных типов данных

ЕСРР представляет некоторые особые типы, которые должны помочь вам легко оперировать некоторыми специальными типами данных PostgreSQL. В частности, в нём реализована поддержка типов `numeric`, `decimal`, `date`, `timestamp` и `interval`. Для этих типов нельзя подобрать полезное соответствие с примитивными типами среды (например, `int`, `long` или `int` или `char[]`), так как они имеют сложную внутреннюю структуру. Приложения, работающие с этими типами, должны объявлять переменные особых типов и работать с ними, применяя функции из библиотеки `pgtypes`. Эта библиотека, подробно описанная в Разделе 36.6 содержит базовые функции для оперирования этими типами, чтобы вам не требовалось, например, передавать запрос SQL-серверу, когда нужно просто добавить интервал к значению времени.

Эти особые типы данных описаны в следующих подразделах. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке `pgtypes`, обратитесь к Разделу 36.6.

36.4.4.2.1. `timestamp`, `date`

Для работы с переменными `timestamp` в приложении ЕСРР применяется следующая схема.

Сначала в программу нужно включить заголовочный файл, чтобы получить определение типа `timestamp`:

```
#include <pgtypes_timestamp.h>
```

Затем объявите в секции объявлений переменную типа `timestamp`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
timestamp ts;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Прочитав значение в эту переменную, выполняйте действия с ним, используя функции в библиотеке `pgtypes`. В следующем примере значение `timestamp` преобразуется в текстовый вид (ASCII) с помощью функции `PGTYPEStimestamp_to_asc()`:

```
EXEC SQL SELECT now()::timestamp INTO :ts;

printf("ts = %s\n", PGTYPEStimestamp_to_asc(ts));
```

Этот пример выведет такой результат:

```
ts = 2010-06-27 18:03:56.949343
```

Таким же образом можно работать и с типом `DATE`. В программу нужно включить `pgtypes_date.h`, объявить переменную типа `date`, и затем можно будет преобразовать значение `DATE` в текстовый вид, используя функцию `PGTYPESdate_to_asc()`. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке `pgtypes`, обратитесь к Разделу 36.6.

36.4.4.2.2. `interval`

Принцип работы с типом `interval` тот же, что и с типами `timestamp` и `date`, однако для значения типа `interval` нужно явно выделить память. Другими словами, блок памяти для этой переменной должен размещаться в области кучи, а не в стеке.

Пример программы:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pgtypes_interval.h>
```

```

int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    interval *in;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    in = PGTYPESEinterval_new();
    EXEC SQL SELECT '1 min'::interval INTO :in;
    printf("interval = %s\n", PGTYPESEinterval_to_asc(in));
    PGTYPESEinterval_free(in);

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}

```

36.4.4.2.3. numeric, decimal

Типы `numeric` и `decimal` обрабатываются так же, как и тип `interval`: вы должны определить указатель, выделить некоторое пространство памяти в куче и обращаться к переменной, используя функции в библиотеке `pgtypes`. Чтобы подробнее узнать о функциях в библиотеке `pgtypes`, обратитесь к Разделу 36.6.

Для типа `decimal` никакие специальные функции не реализованы. Для дальнейшей обработки приложение должно преобразовать его в переменную `numeric`, применив функцию из библиотеки `pgtypes`.

Следующий пример демонстрирует работу с переменными типов `numeric` и `decimal`.

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pgtypes_numeric.h>

EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    numeric *num;
    numeric *num2;
    decimal *dec;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    num = PGTYPESEnumeric_new();
    dec = PGTYPESEdecimal_new();

    EXEC SQL SELECT 12.345::numeric(4,2), 23.456::decimal(4,2) INTO :num, :dec;

    printf("numeric = %s\n", PGTYPESEnumeric_to_asc(num, 0));
    printf("numeric = %s\n", PGTYPESEnumeric_to_asc(num, 1));
    printf("numeric = %s\n", PGTYPESEnumeric_to_asc(num, 2));
}

```

```

/* Преобразовать decimal в numeric, чтобы вывести десятичное значение. */
num2 = PGTYPEStnumeric_new();
PGTYPEStnumeric_from_decimal(dec, num2);

printf("decimal = %s\n", PGTYPEStnumeric_to_asc(num2, 0));
printf("decimal = %s\n", PGTYPEStnumeric_to_asc(num2, 1));
printf("decimal = %s\n", PGTYPEStnumeric_to_asc(num2, 2));

PGTYPEStnumeric_free(num2);
PGTYPEStdecimal_free(dec);
PGTYPEStnumeric_free(num);

EXEC SQL COMMIT;
EXEC SQL DISCONNECT ALL;
return 0;
}

```

36.4.4.3. Переменные среды для непримитивных типов

В качестве переменных среды также можно использовать массивы, определения типов, структуры и указатели.

36.4.4.3.1. Массивы

Для применения массивов в качестве переменных среды есть два варианта использования. Во-первых, в массиве `char[]` или `VARCHAR[]` можно сохранить текстовую строку, как рассказывалось в Подразделе 36.4.4.1. Во-вторых, в массив можно получить несколько строк из результата запроса, не используя курсор. Чтобы не применяя массивы, обработать результат запроса, состоящий из нескольких строк, нужно использовать курсор и команду `FETCH`. Но с переменными-массивами несколько строк можно получить сразу. Длина определяемого массива должна быть достаточной для размещения всех строк, иначе скорее всего произойдет переполнение буфера.

Следующий пример сканирует системную таблицу `pg_database` и показывает все OID и имена доступных баз данных:

```

int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int dbid[8];
    char dbname[8][16];
    int i;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(dbname, 0, sizeof(char) * 16 * 8);
    memset(dbid, 0, sizeof(int) * 8);

    EXEC SQL CONNECT TO testdb;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    /* Получить в массивы сразу несколько строк. */
    EXEC SQL SELECT oid,datname INTO :dbid, :dbname FROM pg_database;

    for (i = 0; i < 8; i++)
        printf("oid=%d, dbname=%s\n", dbid[i], dbname[i]);

    EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
    return 0;
}

```

Этот пример выводит следующий результат. (Точные значения зависят от локальных обстоятельств.)

```
oid=1, dbname=template1
oid=11510, dbname=template0
oid=11511, dbname=postgres
oid=313780, dbname=testdb
oid=0, dbname=
oid=0, dbname=
oid=0, dbname=
```

36.4.4.3.2. Структуры

Для получения значений сразу нескольких столбцов можно применить структуру, имена членов которой совпадают с именами столбцов результата запроса. Структура позволяет обрабатывать значения нескольких столбцов в одной переменной среды.

Следующий пример получает значения OID, имена и размеры имеющихся баз данных из системной таблицы `pg_database`, используя при этом функцию `pg_database_size()`. В этом примере переменная типа структуры `dbinfo_t` с членами, имена которых соответствуют именам всех столбцов результата `SELECT`, применяется для получения одной строки результата без вовлечения в оператор `FETCH` нескольких переменных среды.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef struct
    {
        int oid;
        char datname[65];
        long long int size;
    } dbinfo_t;

    dbinfo_t dbval;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(&dbval, 0, sizeof(dbinfo_t));

    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT oid, datname, pg_database_size(oid) AS size
FROM pg_database;
    EXEC SQL OPEN cur1;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        /* Выбрать несколько столбцов в одну структуру. */
        EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :dbval;

        /* Напечатать члены структуры. */
        printf("oid=%d, datname=%s, size=%lld\n", dbval.oid, dbval.datname,
dbval.size);
    }

    EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример показывает следующий результат. (Точные значения зависят от локальных обстоятельств.)

```
oid=1, datname=template1, size=4324580
oid=11510, datname=template0, size=4243460
oid=11511, datname=postgres, size=4324580
```

```
oid=313780, datname=testdb, size=8183012
```

Переменные среды типа структуры «вбирают в себя» столько столбцов, сколько полей содержит структура. Значения дополнительных столбцов можно присвоить другим переменным среды. Например, приведённую выше программу можно видоизменить следующим образом, разместив переменную `size` вне структуры:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef struct
    {
        int oid;
        char datname[65];
    } dbinfo_t;

    dbinfo_t dbval;
    long long int size;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    memset(&dbval, 0, sizeof(dbinfo_t));

    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT oid, datname, pg_database_size(oid) AS size
FROM pg_database;
    EXEC SQL OPEN cur1;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Выбрать несколько столбцов в одну структуру. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :dbval, :size;

    /* Напечатать члены структуры. */
    printf("oid=%d, datname=%s, size=%lld\n", dbval.oid, dbval.datname, size);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

36.4.4.3.3. Определения типов

Чтобы сопоставить новые типы с уже существующими, используйте ключевое слово `typedef`.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    typedef char mychartype[40];
    typedef long serial_t;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

Заметьте, что вы также можете написать:

```
EXEC SQL TYPE serial_t IS long;
```

Это объявление не обязательно должно находиться в секции объявлений.

36.4.4.3.4. Указатели

Вы можете объявлять указатели на самые распространённые типы. Учтите, однако, что указатели нельзя использовать в качестве целевых переменных запросов без автовыделения. За дополнительными сведениями об автовыделении обратитесь к Разделу 36.7.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int *intp;
    char **charp;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```


36.4.5. Обработка непримитивных типов данных SQL

В этом разделе описывается как работать с нескаллярными и пользовательскими типами уровня SQL в приложениях ECPG. Заметьте, что этот подход отличается от использования переменных непримитивных типов, описанного в предыдущем разделе.

36.4.5.1. Массивы

Многомерные массивы уровня SQL в ECPG напрямую не поддерживаются, но одномерные массивы уровня SQL могут быть сопоставлены с переменными-массивами среды C и наоборот. Однако учтите, что когда создаётся оператор, `esrg` не знает типов столбцов, поэтому не может проверить, вводится ли массив C в соответствующий массив уровня SQL. Обработывая результат оператора SQL, `esrg` имеет необходимую информацию и таким образом может убедиться, что с обеих сторон массивы.

Если запрос обращается к отдельным *элементам* массива, это избавляет от необходимости применять массивы в ECPG. В этом случае следует использовать переменную среды, имеющую тип, который можно сопоставить типу элемента. Например, если типом столбца является массив `integer`, можно использовать переменную среды типа `int`. Аналогично, если тип элемента — `varchar` или `text`, можно использовать переменную типа `char[]` или `VARCHAR[]`.

Предположим, что у нас есть таблица:

```
CREATE TABLE t3 (  
    ii integer[]  
);
```

```
testdb=> SELECT * FROM t3;
```

```
    ii  
-----  
{1,2,3,4,5}  
(1 row)
```

Следующая программа получает 4-ый элемент массива и сохраняет его в переменной среды, имеющей тип `int`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;  
int ii;  
EXEC SQL END DECLARE SECTION;  
  
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii[4] FROM t3;  
EXEC SQL OPEN cur1;  
  
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;  
  
while (1)  
{  
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii ;  
    printf("ii=%d\n", ii);  
}  
  
EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример выводит следующий результат:

```
ii=4
```

Чтобы сопоставить несколько элементов массива с несколькими элементами переменной-массива среды, каждый элемент массива SQL нужно по отдельности связать с каждым элементом массива среды, например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

```
int ii_a[8];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii[1], ii[2], ii[3], ii[4] FROM t3;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii_a[0], :ii_a[1], :ii_a[2], :ii_a[3];
    ...
}
```

Ещё раз обратите внимание, что в этом случае вариант

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int ii_a[8];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT ii FROM t3;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* НЕПРАВИЛЬНО */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :ii_a;
    ...
}
```

не будет работать корректно, так как столбец с типом массива нельзя напрямую сопоставить с переменной-массивом среды.

Можно также применить обходное решение — хранить массивы в их внешнем строковом представлении в переменных среды типа `char[]` или `VARCHAR[]`. Более подробно это представление описывается в Подразделе 8.15.2. Заметьте, это означает, что с таким массивом в программе нельзя будет работать естественным образом (без дополнительного разбора текстового представления).

36.4.5.2. Составные типы

Составные типы в ЕСРР напрямую не поддерживаются, но есть простое обходное решение. Для решения этой проблемы можно применить те же подходы, что были описаны выше для массивов: обращаться к каждому атрибуту по отдельности или использовать внешнее строковое представление.

Для следующих примеров предполагается, что существует такой тип и таблица:

```
CREATE TYPE comp_t AS (intval integer, textval varchar(32));
CREATE TABLE t4 (compval comp_t);
INSERT INTO t4 VALUES ( (256, 'PostgreSQL') );
```

Самое очевидное решение заключается в обращении к каждому атрибуту по отдельности. Следующая программа получает данные из тестовой таблицы, выбирая атрибуты типа `comp_t` по одному:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int intval;
varchar textval[33];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Указать каждый элемент столбца составного типа в списке SELECT. */
```

```
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).intval, (compval).textval FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Выбрать каждый элемент столбца составного типа в переменную среды. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :intval, :textval;

    printf("intval=%d, textval=%s\n", intval, textval.arr);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

В развитие этого примера, переменные среды, в которые помещаются результаты команды `FETCH`, можно собрать в одну структуру. Подробнее переменные среды в форме структуры описываются в Подразделе 36.4.4.3.2. Чтобы перейти к структуре, пример можно изменить как показано ниже. Переменные среды, `intval` и `textval`, становятся членами структуры `comp_t`, и эта структура указывается в команде `FETCH`.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
typedef struct
{
    int intval;
    varchar textval[33];
} comp_t;

comp_t compval;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Поместить каждый элемент составного типа в список SELECT. */
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).intval, (compval).textval FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Поместить все значения списка SELECT в одну структуру. */
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :compval;

    printf("intval=%d, textval=%s\n", compval.intval, compval.textval.arr);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Хотя в команде `FETCH` используется структура, имена атрибутов в предложении `SELECT` задаются по одному. Это можно дополнительно улучшить, написав `*`, что будет обозначать все атрибуты значения составного типа.

```
...
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT (compval).* FROM t4;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    /* Выбрать все значения в списке SELECT в одну структуру. */
```

```
EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :compval;

printf("intval=%d, textval=%s\n", compval.intval, compval.textval.arr);
}
...
```

Таким образом составные типы можно сопоставить со структурами практически прозрачно, хотя ECPG и не понимает составные типы.

Наконец, также можно сохранить значения составного типа в их внешнем строковом представлении в переменных среды типа `char[]` или `VARCHAR[]`. Однако при таком подходе нет простой возможности обращаться из программы к полям значения.

36.4.5.3. Пользовательские базовые типы

Определяемые пользователем базовые типы не поддерживаются ECPG напрямую. Для них можно использовать внешнее строковое представление и переменные среды типа `char[]` или `VARCHAR[]`, и это решение действительно будет подходящим и достаточным для большинства типов.

Следующий фрагмент кода демонстрирует использование типа данных `complex` из примера в Разделе 38.12. Внешнее строковое представление этого типа имеет форму `(%f,%f)` и определено в функциях `complex_in()` и `complex_out()` в Разделе 38.12. Следующий пример вставляет значения комплексного типа `(1,1)` и `(3,3)` в столбцы `a` и `b`, а затем выбирает их из таблицы.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    varchar a[64];
    varchar b[64];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES ('(1,1)', '(3,3)');

EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT a, b FROM test_complex;
EXEC SQL OPEN cur1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    EXEC SQL FETCH FROM cur1 INTO :a, :b;
    printf("a=%s, b=%s\n", a.arr, b.arr);
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

Этот пример выводит следующий результат:

```
a=(1,1), b=(3,3)
```

Другое обходное решение состоит в том, чтобы избегать прямого использования пользовательских типов в ECPG, а вместо этого создать функцию или приведение, выполняющее преобразование между пользовательским типом и примитивным типом, который может обработать ECPG. Заметьте, однако, что приведения типов, особенно неявные, нужно добавлять в систему типов очень осторожно.

Например:

```
CREATE FUNCTION create_complex(r double, i double) RETURNS complex
LANGUAGE SQL
IMMUTABLE
AS $$ SELECT $1 * complex '(1,0)' + $2 * complex '(0,1)' $$;
```

После такого определения следующий код

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
double a, b, c, d;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

a = 1;
b = 2;
c = 3;
d = 4;

EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES (create_complex(:a, :b),
      create_complex(:c, :d));
```

будет работать так же, как

```
EXEC SQL INSERT INTO test_complex VALUES ('(1,2)', '(3,4)');
```

36.4.6. Индикаторы

Приведённые выше примеры никак не обрабатывали значения NULL. На самом деле, в примерах с извлечением данных возникнет ошибка, если они выберут из базы данных значение NULL. Чтобы можно было передавать значения NULL в базу данных или получать их из базы данных, вы должны добавить объявление второй переменной среды для каждой переменной среды, содержащей данные. Эта вторая переменная среды называется *индикатором* и содержит флаг, показывающий, что в данных передаётся NULL, и при этом значение основной переменной среды игнорируется. Следующий пример демонстрирует правильную обработку значений NULL:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
VARCHAR val;
int val_ind;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

...

EXEC SQL SELECT b INTO :val :val_ind FROM test1;
```

Переменная индикатора `val_ind` будет равна нулю, если значение не NULL, или отрицательному числу, если NULL.

Индикатор выполняет ещё одну функцию: если он содержит положительное число, это означает, что значение не NULL, но оно было обрезано, когда сохранялось в переменной среды.

Если препроцессору `ecpg` передаётся аргумент `-r no_indicator`, он работает в режиме «без индикатора». В этом режиме, если переменная индикатора не определена, значения NULL обозначаются (при вводе и выводе) для символьных строк пустой строкой, а для целочисленных типов наименьшим возможным значением этого типа (например, `INT_MIN` для `int`).

36.5. Динамический SQL

Во многих случаях конкретные операторы SQL, которые должно выполнять приложение, известны в момент написания приложения. В некоторых случаях, однако, операторы SQL формируются во время выполнения или поступают из внешнего источника. В этих случаях операторы SQL нельзя внедрить непосредственно в исходный код C, но есть средство, позволяющее вызывать произвольные операторы SQL, передаваемые в строковой переменной.

36.5.1. Выполнение операторов без набора результатов

Самый простой способ выполнить произвольный оператор SQL — применить команду `EXECUTE IMMEDIATE`. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "CREATE TABLE test1 (...);";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
EXEC SQL EXECUTE IMMEDIATE :stmt;
```

EXECUTE IMMEDIATE можно применять для SQL-операторов, которые не возвращают набор результатов (например, DDL, INSERT, UPDATE, DELETE). Выполнять операторы, которые получают данные, (например, SELECT) таким образом нельзя. Как выполнять такие операторы, рассказывается в следующем разделе.

36.5.2. Выполнение оператора с входными параметрами

Более эффективно выполнять произвольный оператор SQL можно, подготовив его один раз, а затем запуская подготовленный оператор столько, сколько нужно. Также можно подготовить обобщённую версию оператора, а затем выполнять специализированные его версии, подставляя в него параметры. Подготавливая оператор, поставьте знаки вопроса там, где позже хотите подставить параметры. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "INSERT INTO test1 VALUES(?, ?)";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :stmt;
...
EXEC SQL EXECUTE mystmt USING 42, 'foobar';
```

Когда подготовленный оператор больше не нужен, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE PREPARE имя;
```

36.5.3. Выполнение оператора с набором результатов

Для выполнения оператора SQL с одной строкой результата можно применить команду EXECUTE. Чтобы сохранить результат, добавьте предложение INTO.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
const char *stmt = "SELECT a, b, c FROM test1 WHERE a > ?";
int v1, v2;
VARCHAR v3[50];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :stmt;
...
EXEC SQL EXECUTE mystmt INTO :v1, :v2, :v3 USING 37;
```

Команда EXECUTE может содержать предложение INTO и/или предложение USING, либо не содержать ни того, ни другого.

Если ожидается, что запрос вернёт более одной строки результата, следует применять курсор, как показано в следующем примере. (Подробно курсоры описываются в Подразделе 36.3.2.)

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
char dbaname[128];
char datname[128];
char *stmt = "SELECT u.username as dbaname, d.datname "
            " FROM pg_database d, pg_user u "
            " WHERE d.datdba = u.usysid";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :stmt;
```

```
EXEC SQL DECLARE cursor1 CURSOR FOR stmt1;
EXEC SQL OPEN cursor1;

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

while (1)
{
    EXEC SQL FETCH cursor1 INTO :dbaname,:datname;
    printf("dbaname=%s, datname=%s\n", dbaname, datname);
}

EXEC SQL CLOSE cursor1;

EXEC SQL COMMIT;
EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

36.6. Библиотека pgtypes

Библиотека pgtypes сопоставляет типы базы данных PostgreSQL с их эквивалентами в C, которые можно использовать в программах на C. Она также предлагает функции для выполнения простых вычислений с этими типами в C, то есть без помощи сервера PostgreSQL. Рассмотрите следующий пример:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    date date1;
    timestamp ts1, tsout;
    interval iv1;
    char *out;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

PGTYPESdate_today(&date1);
EXEC SQL SELECT started, duration INTO :ts1, :iv1 FROM datetbl WHERE d=:date1;
PGTYPEStimestamp_add_interval(&ts1, &iv1, &tsout);
out = PGTYPEStimestamp_to_asc(&tsout);
printf("Started + duration: %s\n", out);
PGTYPESchar_free(out);
```

36.6.1. Символьные строки

Некоторые функции, в частности PGYPESnumeric_to_asc, возвращают указатель на строку в выделенной для неё памяти. Их результаты должны освобождаться функцией PGYPESchar_free, а не free. (Это важно только в Windows, где выделение и освобождение памяти в определённых случаях должно производиться одной библиотекой.)

36.6.2. Тип numeric

Тип numeric позволяет производить вычисления с произвольной точностью. Эквивалентный ему тип на сервере PostgreSQL описан в Разделе 8.1. Ввиду того, что переменная имеет произвольную точность, она должна расширяться и сжиматься динамически. Поэтому такие переменные можно создавать только в области кучи, используя функции PGYPESnumeric_new и PGYPESnumeric_free. Тип decimal подобен numeric, но имеет ограниченную точность, и поэтому может размещаться и в области кучи, и в стеке.

Для работы с типом numeric можно использовать следующие функции:

PGYPESnumeric_new

Запрашивает указатель на новую переменную, размещённую в памяти.

```
numeric *PGTYPESnumeric_new(void);
```

`PGTYPESnumeric_free`

Освобождает переменную типа `numeric`, высвобождая всю её память.

```
void PGTYPESnumeric_free(numeric *var);
```

`PGTYPESnumeric_from_asc`

Разбирает числовой тип из строковой записи.

```
numeric *PGTYPESnumeric_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Допускаются в частности следующие форматы: `-2`, `.794`, `+3.44`, `592.49E07` и `-32.84e-4`. Если значение удаётся разобрать успешно, возвращается действительный указатель, в противном случае указатель `NULL`. На данный момент ЕСРР всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать `NULL`.

`PGTYPESnumeric_to_asc`

Возвращает указатель на строку, выделенную функцией `malloc` и содержащую строковое представление значения `num` числового типа.

```
char *PGTYPESnumeric_to_asc(numeric *num, int dscale);
```

Числовое значение будет выводиться с заданным в `dscale` количеством цифр после запятой, округлённое при необходимости. Результат нужно освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

`PGTYPESnumeric_add`

Суммирует две числовые переменные и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_add(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция суммирует переменные `var1` и `var2` в результирующую переменную `result`. Функция возвращает `0` в случае успеха и `-1` при ошибке.

`PGTYPESnumeric_sub`

Вычисляет разность двух числовых переменных и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_sub(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция вычитает переменную `var2` из `var1`. Результат операции помещается в переменную `result`. Функция возвращает `0` в случае успеха и `-1` при ошибке.

`PGTYPESnumeric_mul`

Перемножает две числовые переменные и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_mul(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция перемножает переменные `var1` и `var2`. Результат операции сохраняется в переменной `result`. Функция возвращает `0` в случае успеха и `-1` при ошибке.

`PGTYPESnumeric_div`

Вычисляет частное двух числовых переменных и возвращает результат в третьей.

```
int PGTYPESnumeric_div(numeric *var1, numeric *var2, numeric *result);
```

Эта функция делит переменную `var1` на `var2`. Результат операции сохраняется в переменной `result`. Функция возвращает `0` в случае успеха и `-1` при ошибке.

`PGTYPESnumeric_cmp`

Сравнивает две числовые переменные.


```
int PGTYPEsnumeric_cmp(numeric *var1, numeric *var2)
```

Эта функция производит сравнение двух числовых переменных. При ошибке возвращается INT_MAX. В случае успеха функция возвращает одно из трёх возможных значений:

- 1, если var1 больше var2
- -1, если var1 меньше var2
- 0, если var1 и var2 равны

PGTYPEsnumeric_from_int

Преобразует переменную int в переменную numeric.

```
int PGTYPEsnumeric_from_int(signed int int_val, numeric *var);
```

Эта функция принимает целочисленную переменную со знаком типа signed int и сохраняет её значение в переменной var типа numeric. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

PGTYPEsnumeric_from_long

Преобразует переменную long int в переменную numeric.

```
int PGTYPEsnumeric_from_long(signed long int long_val, numeric *var);
```

Эта функция принимает целочисленную переменную со знаком типа signed long int и сохраняет её значение в переменной var типа numeric. Функция возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

PGTYPEsnumeric_copy

Копирует одну числовую переменную в другую.

```
int PGTYPEsnumeric_copy(numeric *src, numeric *dst);
```

Эта функция копирует значение переменной, на которую указывает src, в переменную, на которую указывает dst. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

PGTYPEsnumeric_from_double

Преобразует переменную типа double в переменную numeric.

```
int PGTYPEsnumeric_from_double(double d, numeric *dst);
```

Эта функция принимает переменную типа double и сохраняет преобразованное значение в переменной, на которую указывает dst. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке.

PGTYPEsnumeric_to_double

Преобразует переменную типа numeric в переменную double.

```
int PGTYPEsnumeric_to_double(numeric *nv, double *dp)
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает nv, в переменную типа double, на которую указывает dp. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной errno дополнительно устанавливается значение PGYPES_NUM_OVERFLOW.

PGTYPEsnumeric_to_int

Преобразует переменную типа numeric в переменную int.

```
int PGTYPEsnumeric_to_int(numeric *nv, int *ip);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает nv, в целочисленную переменную, на которую указывает ip. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной errno дополнительно устанавливается значение PGYPES_NUM_OVERFLOW.

PGTYPESnumeric_to_long

Преобразует переменную типа numeric в переменную long.

```
int PGTYPESnumeric_to_long(numeric *nv, long *lp);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает nv, в целочисленную переменную типа long, на которую указывает lp. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной errno дополнительно устанавливается значение PGTYPES_NUM_OVERFLOW.

PGTYPESnumeric_to_decimal

Преобразует переменную типа numeric в переменную decimal.

```
int PGTYPESnumeric_to_decimal(numeric *src, decimal *dst);
```

Эта функция преобразует значение типа numeric переменной, на которую указывает src, в переменную типа decimal, на которую указывает dst. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке, в том числе при переполнении. Если происходит переполнение, в глобальной переменной errno дополнительно устанавливается значение PGTYPES_NUM_OVERFLOW.

PGTYPESnumeric_from_decimal

Преобразует переменную типа decimal в переменную numeric.

```
int PGTYPESnumeric_from_decimal(decimal *src, numeric *dst);
```

Эта функция преобразует значение типа decimal переменной, на которую указывает src, в переменную типа numeric, на которую указывает dst. Она возвращает 0 в случае успеха и -1 при ошибке. Так как тип decimal реализован как ограниченная версия типа numeric, при таком преобразовании переполнение невозможно.

36.6.3. Тип date

Тип date, реализованный в С, позволяет программам работать с данными типа date в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом date можно использовать следующие функции:

PGTYPESdate_from_timestamp

Извлекает часть даты из значения типа timestamp.

```
date PGTYPESdate_from_timestamp(timestamp dt);
```

Эта функция получает в единственном аргументе значение времени типа timestamp и возвращает извлечённую из него дату.

PGTYPESdate_from_asc

Разбирает дату из её текстового представления.

```
date PGTYPESdate_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция получает строку С char* str и указатель на строку С char* endptr. На данный момент ЕСРР всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в *endptr. Поэтому в endptr свободно можно передать NULL.

Заметьте, что эта функция всегда подразумевает формат дат MDY (месяц-день-год) и никакой переменной для изменения этого формата в ЕСРР нет.

Все допустимые форматы ввода перечислены в Таблице 36.2.

Таблица 36.2. Допустимые форматы ввода для PGTYPESdate_from_asc

Ввод	Результат
January 8, 1999	January 8, 1999

Ввод	Результат
1999-01-08	January 8, 1999
1/8/1999	January 8, 1999
1/18/1999	January 18, 1999
01/02/03	February 1, 2003
1999-Jan-08	January 8, 1999
Jan-08-1999	January 8, 1999
08-Jan-1999	January 8, 1999
99-Jan-08	January 8, 1999
08-Jan-99	January 8, 1999
08-Jan-06	January 8, 2006
Jan-08-99	January 8, 1999
19990108	ISO 8601; January 8, 1999
990108	ISO 8601; January 8, 1999
1999.008	год и день года
J2451187	День по юлианскому календарю
January 8, 99 BC	99 год до нашей эры

PGTYPESdate_to_asc

Возвращает текстовое представление переменной типа `date`.

```
char *PGTYPESdate_to_asc(date dDate);
```

Эта функция получает в качестве единственного параметра дату `dDate` и выводит её в виде `1999-01-18`, то есть в формате `YYYY-MM-DD`. Результат необходимо освободить функцией `PGTYPESchar_free()`.

PGTYPESdate_julmdy

Извлекает значения дня, месяца и года из переменной типа `date`.

```
void PGTYPESdate_julmdy(date d, int *mdy);
```

Эта функция получает дату `d` и указатель на 3 целочисленных значения `mdy`. Имя переменной указывает на порядок значений: в `mdy[0]` записывается номер месяца, в `mdy[1]` — номер дня, а в `mdy[2]` — год.

PGTYPESdate_mdyjul

Образует значение даты из массива 3 целых чисел, задающих день, месяц и год даты.

```
void PGTYPESdate_mdyjul(int *mdy, date *jdate);
```

Эта функция получает в первом аргументе массив из 3 целых чисел (`mdy`), а во втором указатель на переменную типа `date`, в которую будет помещён результат операции.

PGTYPESdate_dayofweek

Возвращает число, представляющее день недели для заданной даты.

```
int PGTYPESdate_dayofweek(date d);
```

Эта функция принимает в единственном аргументе переменную `d` типа `date` и возвращает целое число, выражающее день недели для этой даты.

- 0 — Воскресенье
- 1 — Понедельник

- 2 — Вторник
- 3 — Среда
- 4 — Четверг
- 5 — Пятница
- 6 — Суббота

`PGTYPESdate_today`

Выдаёт текущую дату.

```
void PGTYPESdate_today(date *d);
```

Эта функция получает указатель на переменную (*d*) типа `date`, в которую будет записана текущая дата.

`PGTYPESdate_fmt_asc`

Преобразует переменную типа `date` в текстовое представление по маске формата.

```
int PGTYPESdate_fmt_asc(date dDate, char *fmtstring, char *outbuf);
```

Эта функция принимает дату для преобразования (*dDate*), маску формата (*fmtstring*) и строку, в которую будет помещено текстовое представление даты (*outbuf*).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

В строке формата можно использовать следующие коды полей:

- `dd` — Номер дня в месяце.
- `mm` — Номер месяца в году.
- `yy` — Номер года в виде двух цифр.
- `yyyy` — Номер года в виде четырёх цифр.
- `ddd` — Название дня недели (сокращённое).
- `mmm` — Название месяца (сокращённое).

Все другие символы копируются в выводимую строку 1:1.

В Таблице 36.3 перечислены несколько возможных форматов. Это даёт представление, как можно использовать эту функцию. Все строки вывода даны для одной даты: 23 ноября 1959 г.

Таблица 36.3. Допустимые форматы ввода для `PGTYPESdate_fmt_asc`

Формат	Результат
<code>mmddyy</code>	112359
<code>ddmmyy</code>	231159
<code>yyymmdd</code>	591123
<code>yy/mm/dd</code>	59/11/23
<code>yy mm dd</code>	59 11 23
<code>yy.mm.dd</code>	59.11.23
<code>.mm.yyyy.dd.</code>	.11.1959.23.
<code>mmm. dd, yyyy</code>	Nov. 23, 1959
<code>mmm dd yyyy</code>	Nov 23 1959
<code>yyyy dd mm</code>	1959 23 11
<code>ddd, mmm. dd, yyyy</code>	Mon, Nov. 23, 1959
<code>(ddd) mmm. dd, yyyy</code>	(Mon) Nov. 23, 1959

PGTYPEStime_date_defmt_asc

Преобразует строку C char* в значение типа date по маске формата.

```
int PGTYPEStime_date_defmt_asc(date *d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает указатель на переменную типа date (d), в которую будет помещён результат операции, маску формата для разбора даты (fmt) и строку C char*, содержащую текстовое представление даты (str). Ожидается, что текстовое представление будет соответствовать маске формата. Однако это соответствие не обязательно должно быть точным. Данная функция анализирует только порядок элементов и ищет в нём подстроки yy или yyyy, обозначающие позицию года, подстроку mm, обозначающую позицию месяца, и dd, обозначающую позицию дня.

В Таблица 36.4 перечислены несколько возможных форматов. Это даёт представление, как можно использовать эту функцию.

Таблица 36.4. Допустимые форматы ввода для rdefmtdate

Формат	Строка	Результат
ddmmyy	21-2-54	1954-02-21
ddmmyy	2-12-54	1954-12-02
ddmmyy	20111954	1954-11-20
ddmmyy	130464	1964-04-13
mmm.dd.yyyy	MAR-12-1967	1967-03-12
yy/mm/dd	1954, February 3rd	1954-02-03
mmm.dd.yyyy	041269	1969-04-12
yy/mm/dd	In the year 2525, in the month of July, mankind will be alive on the 28th day	2525-07-28
dd-mm-yy	I said on the 28th of July in the year 2525	2525-07-28
mmm.dd.yyyy	9/14/58	1958-09-14
yy/mm/dd	47/03/29	1947-03-29
mmm.dd.yyyy	oct 28 1975	1975-10-28
mmddyy	Nov 14th, 1985	1985-11-14

36.6.4. Тип timestamp

Тип timestamp, реализованный в C, позволяет программам работать с данными типа timestamp в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом timestamp можно использовать следующие функции:

PGTYPEStime_stamp_from_asc

Разбирает значение даты/времени из текстового представления в переменную типа timestamp.

```
timestamp PGTYPEStime_stamp_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция получает строку (str), которую нужно разобрать, и указатель на строку C char* (endptr). На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в *endptr. Поэтому в endptr свободно можно передать NULL.

В случае успеха эта функция возвращает разобранный время, а в случае ошибки возвращается PGTYPEStime_invalid_timestamp и в errno устанавливается значение PGTYPEStime_TS_BAD_TIMESTAMP. См. замечание относительно PGTYPEStime_invalid_timestamp.

Вообще вводимая строка может содержать допустимое указание даты, пробельные символы и допустимое указание времени в любом сочетании. Заметьте, что часовые пояса ECPG не поддерживает. Эта функция может разобрать их, но не задействует их в вычислениях как это делает, например, сервер PostgreSQL. Указания часового пояса во вводимой строке просто игнорируются.

В Таблица 36.5 приведены несколько примеров вводимых строк.

Таблица 36.5. Допустимые форматы ввода для PGTYPEStimestamp_from_asc

Ввод	Результат
1999-01-08 04:05:06	1999-01-08 04:05:06
January 8 04:05:06 1999 PST	1999-01-08 04:05:06
1999-Jan-08 04:05:06.789-8	1999-01-08 04:05:06.789 (указание часового пояса игнорируется)
J2451187 04:05-08:00	1999-01-08 04:05:00 (указание часового пояса игнорируется)

PGTYPEStimestamp_to_asc

Преобразует значение даты в строку C char*.

```
char *PGTYPEStimestamp_to_asc(timestamp tstamp);
```

Эта функция принимает в качестве единственного аргумента tstamp значение типа timestamp и возвращает размещённую в памяти строку, содержащую текстовое представление даты/времени. Результат необходимо освободить функцией PGTYPEPchar_free().

PGTYPEStimestamp_current

Получает текущее время.

```
void PGTYPEStimestamp_current(timestamp *ts);
```

Эта функция получает текущее время и сохраняет его в переменной типа timestamp, на которую указывает ts.

PGTYPEStimestamp_fmt_asc

Преобразует переменную типа timestamp в строку C char* по маске формата.

```
int PGTYPEStimestamp_fmt_asc(timestamp *ts, char *output, int str_len, char *fmtstr);
```

Эта функция получает в первом аргументе (ts) указатель на переменную типа timestamp, а в последующих указатель на буфер вывода (output), максимальную длину строки, которую может принять буфер (str_len), и маску формата, с которой будет выполняться преобразование (fmtstr).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

В маске формата можно использовать коды формата, перечисленные ниже. Эти же коды принимает функция strftime из библиотеки libc. Любые символы, не относящиеся к кодам формата, будут просто скопированы в буфер вывода.

- %A — заменяется локализованным представлением полного названия дня недели.
- %a — заменяется локализованным представлением сокращённого названия дня недели.
- %B — заменяется локализованным представлением полного названия месяца.
- %b — заменяется локализованным представлением сокращённого названия месяца.
- %C — заменяется столетием (год / 100) в виде десятичного числа; одиночная цифра предв-
рается нулём.

- %c — заменяется локализованным представлением даты и времени.
- %D — равнозначно %m/%d/%y.
- %d — заменяется днём месяца в виде десятичного числа (01-31).
- %E* %O* — расширения локали POSIX. Последовательности %Ec %EC %Ex %EX %Ey %EY %Od %Oe %OH %OI %Om %OM %OS %Ou %OU %OV %Ow %OW %Oy должны выводить альтернативные представления.

Кроме того, альтернативные названия месяцев представляет код формата %OB (используется отдельно, без упоминания дня).

- %e — заменяется днём в виде десятичного числа (1-31); одиночная цифра предваряется пробелом.
- %F — равнозначно %Y-%m-%d.
- %G — заменяется годом в виде десятичного числа (со столетием). При этом годом считается тот, что содержит наибольшую часть недели (дни недели начинаются с понедельника).
- %g — заменяется тем же годом, что и %G, но в виде десятичного числа без столетия (00-99).
- %H — заменяется часами (в 24-часовом формате) в виде десятичного числа (00-23).
- %h — равнозначно %b.
- %I — заменяется часами (в 12-часовом формате) в виде десятичного числа (01-12).
- %j — заменяется днём года в виде десятичного числа (001-366).
- %k — заменяется часами (в 24-часовом формате) в виде десятичного числа (0-23); одиночная цифра предваряется пробелом.
- %l — заменяется часами (в 12-часовом формате) в виде десятичного числа (1-12); одиночная цифра предваряется пробелом.
- %M — заменяется минутами в виде десятичного числа (00-59).
- %m — заменяется номером месяца в виде десятичного числа (01-12).
- %n — заменяется символом новой строки.
- %O* — равнозначно %E*.
- %p — заменяется локализованным представлением «до полудня» или «после полудня» в зависимости от времени.
- %R — равнозначно %H:%M.
- %r — равнозначно %I:%M:%S %p.
- %S — заменяется секундами в виде десятичного числа (00-60).
- %s — заменяется числом секунд с начала эпохи, по мировому времени (UTC).
- %T — равнозначно %H:%M:%S
- %t — заменяется символом табуляции.
- %U — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается воскресенье) в виде десятичного числа (00-53).
- %u — заменяется номером дня недели (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (1-7).
- %V — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (01-53). Если к недели, включающей 1 января, относятся 4 или больше дней нового года, она считается неделей с номером 1; в противном случае это последняя неделя предыдущего года, а неделей под номером 1 будет следующая.
- %v — равнозначно %e-%b-%Y.

- `%W` — заменяется номером недели в году (первым днём недели считается понедельник) в виде десятичного числа (00-53).
- `%w` — заменяется номером дня недели (первым днём недели считается воскресенье) в виде десятичного числа (0-6).
- `%X` — заменяется локализованным представлением времени.
- `%x` — заменяется локализованным представлением даты.
- `%Y` — заменяется годом со столетием в виде десятичного числа.
- `%y` — заменяется годом без столетия в виде десятичного числа (00-99).
- `%Z` — заменяется названием часового пояса.
- `%z` — заменяется смещением часового пояса от UTC; ведущий знак плюс обозначает смещение к востоку от UTC, а знак минус — к западу, часы и минуты задаются парами цифр без разделителя между ними (эта форма установлена для даты в RFC 822).
- `%+` — заменяется локализованным представлением даты и времени.
- `%-*` — расширение GNU libc. Отключает дополнение чисел по ширине при выводе.
- `$_*` — расширение GNU libc. Явно включает дополнение пробелами.
- `%0*` — расширение GNU libc. Явно включает дополнение нулями.
- `%%` — заменяется символом `%`.

PGTYPEStimestamp_sub

Вычитает одно значение времени из другого и сохраняет результат в переменной типа `interval`.

```
int PGTYPEStimestamp_sub(timestamp *ts1, timestamp *ts2, interval *iv);
```

Эта функция вычитает значение типа `timestamp`, на которое указывает `ts2`, из значения `timestamp`, на которое указывает `ts1`, и сохраняет результат в переменной типа `interval`, на которую указывает `iv`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

PGTYPEStimestamp_defmt_asc

Разбирает значение типа `timestamp` из текстового представления с заданной маской формата.

```
int PGTYPEStimestamp_defmt_asc(char *str, char *fmt, timestamp *d);
```

Эта функция получает текстовое представление даты/времени в переменной `str`, а также маску формата для разбора в переменной `fmt`. Результат будет сохранён в переменной, на которую указывает `d`.

Если вместо маски формата `fmt` передаётся `NULL`, эта функция переходит к стандартной маске форматирования, а именно: `%Y-%m-%d %H:%M:%S`.

Данная функция является обратной к функции `PGTYPEStimestamp_fmt_asc`. Обратитесь к её документации, чтобы узнать о возможных вариантах маски формата.

PGTYPEStimestamp_add_interval

Добавляет переменную типа `interval` к переменной типа `timestamp`.

```
int PGTYPEStimestamp_add_interval(timestamp *tin, interval *span, timestamp *tout);
```

Эта функция получает указатель на переменную `tin` типа `timestamp` и указатель на переменную `span` типа `interval`. Она добавляет временной интервал к значению даты/времени и сохраняет полученную дату/время в переменной типа `timestamp`, на которую указывает `tout`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`PGTYPEStimestamp_sub_interval`

Вычитает переменную типа `interval` из переменной типа `timestamp`.

```
int PGTYPEStimestamp_sub_interval(timestamp *tin, interval *span, timestamp *tout);
```

Эта функция вычитает значение типа `interval`, на которое указывает `span`, из значения типа `timestamp`, на которое указывает `tin`, и сохраняет результат в переменной, на которую указывает `tout`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

36.6.5. Тип `interval`

Тип `interval`, реализованный в C, позволяет программам работать с данными типа `interval` в SQL. Соответствующий тип сервера PostgreSQL описан в Разделе 8.5.

Для работы с типом `interval` можно использовать следующие функции:

`PGTYPEStinterval_new`

Возвращает указатель на новую переменную `interval`, размещённую в памяти.

```
interval *PGTYPEStinterval_new(void);
```

`PGTYPEStinterval_free`

Освобождает место, занимаемое ранее размещённой в памяти переменной типа `interval`.

```
void PGTYPEStinterval_free(interval *intvl);
```

`PGTYPEStinterval_from_asc`

Разбирает значение типа `interval` из его текстового представления.

```
interval *PGTYPEStinterval_from_asc(char *str, char **endptr);
```

Эта функция разбирает входную строку `str` и возвращает указатель на размещённую в памяти переменную типа `interval`. На данный момент ECPG всегда разбирает строку до конца, так что эта функция не может вернуть адрес первого недопустимого символа в `*endptr`. Поэтому в `endptr` свободно можно передать `NULL`.

`PGTYPEStinterval_to_asc`

Преобразует переменную типа `interval` в текстовое представление.

```
char *PGTYPEStinterval_to_asc(interval *span);
```

Эта функция преобразует переменную типа `interval`, на которую указывает `span`, в строку `char*`. Её вывод выглядит примерно так: @ 1 day 12 hours 59 mins 10 secs. Результат необходимо освободить функцией `PGTYPEStchar_free()`.

`PGTYPEStinterval_copy`

Копирует переменную типа `interval`.

```
int PGTYPEStinterval_copy(interval *intvlsrc, interval *intvldest);
```

Эта функция копирует переменную типа `interval`, на которую указывает `intvlsrc`, в переменную, на которую указывает `intvldest`. Заметьте, что для целевой переменной необходимо предварительно выделить память.

36.6.6. Тип `decimal`

Тип `decimal` похож на тип `numeric`, однако его максимальная точность ограничена 30 значащими цифрами. В отличие от типа `numeric`, который можно создать только в области кучи, тип `decimal` можно создать и в стеке, и в области кучи (посредством функций `PGTYPEStdecimal_new` и `PGTYPEStdecimal_free`). Для работы с типом `decimal` есть много других функций, подключаемых в режиме совместимости с Informix, описанном в Разделе 36.15.

Для работы с типом `decimal` можно использовать следующие функции (содержащиеся не в библиотеке `libcompat`).

`PGTYPESdecimal_new`

Запрашивает указатель на новую переменную `decimal`, размещённую в памяти.

```
decimal *PGTYPESdecimal_new(void);
```

`PGTYPESdecimal_free`

Освобождает переменную типа `decimal`, высвобождая всю её память.

```
void PGTYPESdecimal_free(decimal *var);
```

36.6.7. Значения `errno`, которые устанавливает `pgtypeslib`

`PGTYPES_NUM_BAD_NUMERIC`

Аргумент должен содержать переменную типа `numeric` (либо указывать на переменную типа `numeric`), но представление этого типа в памяти оказалось некорректным.

`PGTYPES_NUM_OVERFLOW`

Произошло переполнение. Так как тип `numeric` может принимать значения практически любой точности, при преобразовании этого типа в другие типы возможно переполнение.

`PGTYPES_NUM_UNDERFLOW`

Произошло антипереполнение. Так как тип `numeric` может принимать значения практически любой точности, при преобразовании переменной этого типа в другие типы возможно антипереполнение.

`PGTYPES_NUM_DIVIDE_ZERO`

Имела место попытка деления на ноль.

`PGTYPES_DATE_BAD_DATE`

Функции `PGTYPESdate_from_asc` передана некорректная строка даты.

`PGTYPES_DATE_ERR_EARGS`

Функции `PGTYPESdate_defmt_asc` переданы некорректные аргументы.

`PGTYPES_DATE_ERR_ENOSHORTDATE`

В строке, переданной функции `PGTYPESdate_defmt_asc`, оказался неправильный компонент даты.

`PGTYPES_INTVL_BAD_INTERVAL`

Функции `PGTYPESinterval_from_asc` передана некорректная строка, задающая интервал, либо функции `PGTYPESinterval_to_asc` передано некорректное значение интервала.

`PGTYPES_DATE_ERR_ENOTDMY`

Обнаружено несоответствие при выводе компонентов день/месяц/год в функции `PGTYPESdate_defmt_asc`.

`PGTYPES_DATE_BAD_DAY`

Функция `PGTYPESdate_defmt_asc` обнаружила некорректное значение дня месяца.

`PGTYPES_DATE_BAD_MONTH`

Функция `PGTYPESdate_defmt_asc` обнаружила некорректное значение месяца.

PGTYPES_TS_BAD_TIMESTAMP

Функции `PGTYPEStimestamp_from_asc` передана некорректная строка даты/времени, либо функции `PGTYPEStimestamp_to_asc` передано некорректное значение типа `timestamp`.

PGTYPES_TS_ERR_EINFTIME

Значение типа `timestamp`, представляющее бесконечность, получено в недопустимом контексте.

36.6.8. Специальные константы `pgtypeslib`

PGTYPESInvalidTimestamp

Значение типа `timestamp`, представляющее недопустимое время. Это значение возвращает функция `PGTYPEStimestamp_from_asc` при ошибке разбора. Заметьте, что вследствие особенности внутреннего представления типа `timestamp`, значение `PGTYPESInvalidTimestamp` в то же время представляет корректное время (1899-12-31 23:59:59). Поэтому для выявления ошибок необходимо, чтобы приложение не только сравнивало результат функции с `PGTYPESInvalidTimestamp`, но и проверяло условие `errno != 0` после каждого вызова `PGTYPEStimestamp_from_asc`.

36.7. Использование областей дескрипторов

Области дескрипторов SQL дают возможности для более сложной обработки результатов операторов `SELECT`, `FETCH` и `DESCRIBE`. Область дескриптора SQL объединяет в одной структуре данные одной строки и элементы метаданных. Эти метаданные особенно полезны при выполнении динамических SQL-операторов, когда характер результирующих столбцов может быть неизвестен заранее. PostgreSQL предлагает два подхода к использованию областей дескрипторов: именованные области SQL-дескрипторов и области SQLDA в структурах C.

36.7.1. Именованные области SQL-дескрипторов

Именованная область SQL-дескриптора состоит из заголовка, содержащего сведения обо всём дескрипторе, и одного или нескольких дескрипторов элементов, которые по сути описывают отдельные столбцы в строке результата.

Прежде чем вы сможете использовать область SQL-дескриптора, её нужно выделить:

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR идентификатор;
```

Заданный идентификатор играет роль «имени переменной» области дескриптора. Когда дескриптор оказывается ненужным, его следует освободить:

```
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR идентификатор;
```

Чтобы воспользоваться областью дескриптора, её нужно указать в качестве целевого объекта в предложении `INTO`, вместо перечисления переменных среды:

```
EXEC SQL FETCH NEXT FROM mycursor INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
```

Если набор результатов пуст, в области дескриптора будут, тем не менее, содержаться метаданные из запроса, то есть имена полей.

Получить метаданные набора результатов для ещё не выполненных подготовленных запросов можно, воспользовавшись оператором `DESCRIBE`:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
char *sql_stmt = "SELECT * FROM table1";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :sql_stmt;
EXEC SQL DESCRIBE stmt1 INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
```

До PostgreSQL версии 9.0 ключевое слово `SQL` было необязательным, так что предложения `DESCRIPTOR` и `SQL DESCRIPTOR` создавали именованные области SQL-дескрипторов. Теперь оно стало обязательным; без слова `SQL` создаются области `SQLDA`, см. Подраздел 36.7.2.

В операторах `DESCRIBE` и `FETCH` ключевые слова `INTO` и `USING` действуют примерно одинаково: они указывают вывести набор результатов и метаданные в область дескриптора.

Возникает вопрос: а как же получить данные из области дескриптора? Область дескриптора можно представить как структуру с именованными полями. Чтобы получить значение поля из заголовка и сохранить его в переменной среды, нужно выполнить команду:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR имя :переменная_среды = поле;
```

В настоящее время определено только одно поле заголовка: `COUNT`, которое говорит, сколько областей дескрипторов элементов существует (то есть, сколько столбцов содержится в результате). Переменная среды должна иметь целочисленный тип. Чтобы получить поле из области дескриптора элемента, нужно выполнить команду:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR имя VALUE номер :переменная_среды = поле;
```

В качестве *num* можно задать обычное целое или переменную среды, содержащую целое число. Допустимые поля:

`CARDINALITY` (integer)

число строк в наборе результатов

`DATA`

собственно элемент данных (тип данных поля зависит от запроса)

`DATETIME_INTERVAL_CODE` (целое)

Когда `TYPE` равно 9, `DATETIME_INTERVAL_CODE` содержит значение 1 для `DATE`, 2 для `TIME`, 3 для `TIMESTAMP`, 4 для `TIME WITH TIME ZONE`, либо 5 для `TIMESTAMP WITH TIME ZONE`.

`DATETIME_INTERVAL_PRECISION` (целое)

не реализовано

`INDICATOR` (целое)

индикатор (отмечающий значение `NULL` или усечение значения)

`KEY_MEMBER` (целое)

не реализовано

`LENGTH` (целое)

длина данных в символах

`NAME` (строка)

имя столбца

`NULLABLE` (целое)

не реализовано

`OCTET_LENGTH` (целое)

длина символьного представления данных в байтах

`PRECISION` (целое)

точность (для типа `numeric`)

RETURNED_LENGTH (целое)

длина данных в символах

RETURNED_OCTET_LENGTH (целое)

длина символьного представления данных в байтах

SCALE (целое)

масштаб (для типа numeric)

TYPE (целое)

числовой код типа данных столбца

В операторах EXECUTE, DECLARE и OPEN ключевые слова INTO и USING действуют по-разному. Область дескриптора также можно сформировать вручную, чтобы передать входные параметры запросу или курсору, а команда USING SQL DESCRIPTOR *имя* даёт возможность передать входные аргументы параметризованному запросу. Оператор, формирующий именованную область SQL-дескриптора, выглядит так:

```
EXEC SQL SET DESCRIPTOR имя VALUE номер поле = :переменная_среды;
```

PostgreSQL поддерживает выборку сразу нескольких записей в одном операторе FETCH и может сохранить их данные в переменной среды, если эта переменная — массив. Например:

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;  
int id[5];  
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
EXEC SQL FETCH 5 FROM mycursor INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
```

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR mydesc VALUE 1 :id = DATA;
```

36.7.2. Области дескрипторов SQLDA

Область дескриптора SQLDA представляет собой структуру языка C, в которую можно получить набор результатов и метаданные запроса. Одна такая структура содержит одну запись из набора данных.

```
EXEC SQL include sqllda.h;  
sqllda_t      *mysqllda;
```

```
EXEC SQL FETCH 3 FROM mycursor INTO DESCRIPTOR mysqllda;
```

Заметьте, что ключевое слово SQL в этом случае опускается. Замечания относительно применения ключевых слов INTO и USING в Подразделе 36.7.1 применимы и здесь, с дополнением. В операторе DESCRIBE можно полностью опустить ключевое слово DESCRIPTOR, если присутствует ключевое слово INTO:

```
EXEC SQL DESCRIBE prepared_statement INTO mysqllda;
```

Общая схема использования SQLDA выглядит так:

1. Подготовить запрос и объявить курсор для него.
2. Объявить SQLDA для строк результата.
3. Объявить SQLDA для входных параметров и инициализировать их (выделить память, задать параметры).
4. Открыть курсор с входной SQLDA.
5. Выбрать строки из курсора и сохранить их в выходной SQLDA.

6. Прочитать значения из выходной SQLDA в переменные среды (и преобразовать при необходимости).
7. Заккрыть курсор.
8. Освободить область памяти, выделенную для входной SQLDA.

36.7.2.1. Структура данных SQLDA

Для SQLDA используются три типа данных: `sqllda_t`, `sqlvar_t` и `struct sqlname`.

Подсказка

Структура данных SQLDA в PostgreSQL подобна той, что используется в IBM DB2 Universal Database, так что часть технической информации по SQLDA в DB2 может быть полезна и для понимания устройства SQLDA в PostgreSQL.

36.7.2.1.1. Структура `sqllda_t`

Тип структуры `sqllda_t` представляет тип собственно SQLDA. Эта структура описывает одну запись. Две или более структур `sqllda_t` могут объединяться в связанный список по указателям в поле `desc_next`, и таким образом образовывать упорядоченный набор строк. Поэтому, когда выбираются две или более строк, приложение может прочитать их, проследуя по указателям `desc_next` во всех узлах `sqllda_t`.

Тип `sqllda_t` определяется так:

```
struct sqllda_struct
{
    char            sqldaid[8];
    long            sqldabc;
    short           sqln;
    short           sqld;
    struct sqllda_struct *desc_next;
    struct sqlvar_struct sqlvar[1];
};
```

```
typedef struct sqllda_struct sqllda_t;
```

Его поля имеют следующее назначение:

`sqldaid`

Содержит строковую константу "SQLDA".

`sqldabc`

Содержит размер выделенного пространства в байтах.

`sqln`

Содержит число входных параметров для параметризованного запроса, когда передаётся в операторы OPEN, DECLARE или EXECUTE с ключевым словом USING. В структуре, выводимой операторами SELECT, EXECUTE или FETCH, данное значение совпадает с `sqld`.

`sqld`

Содержит число полей в наборе результатов.

`desc_next`

Если запрос выдаёт несколько записей, возвращается несколько связанных структур SQLDA, а `desc_next` содержит указатель на следующую запись в списке.

sqlvar

Это массив столбцов в наборе результатов.

36.7.2.1.2. Структура sqlvar_t

Тип структуры `sqlvar_t` содержит значение столбца и метаданные, в частности, тип и длину. Эта структура определяется так:

```
struct sqlvar_struct
{
    short          sqltype;
    short          sqllen;
    char           *sqldata;
    short          *sqlind;
    struct sqlname sqlname;
};

typedef struct sqlvar_struct sqlvar_t;
```

Её поля имеют следующее назначение:

sqltype

Содержит идентификатор типа данного поля. Возможные значения перечислены в `enum ECPGttype` в `ecpgtype.h`.

sqllen

Содержит двоичную длину поля, например, 4 байта для `ECPGt_int`.

sqldata

Указывает на данные. Формат данных описан в Подразделе 36.4.4.

sqlind

Указывает на индикатор NULL. 0 соответствует значению не NULL, -1 — NULL.

sqlname

Имя поля.

36.7.2.1.3. Структура struct sqlname

Структура `struct sqlname` содержит имя столбца. Она включена в `sqlvar_t` в качестве члена. Эта структура определена так:

```
#define NAMEDATALEN 64

struct sqlname
{
    short          length;
    char           data[NAMEDATALEN];
};
```

Её поля имеют следующее назначение:

length

Содержит длину имени поля.

data

Содержит собственно имя поля.

36.7.2.2. Получение набора результатов с применением SQLDA

Чтобы получить набор результатов запроса через SQLDA, нужно проделать примерно следующее:

1. Объявить структуру `sqllda_t` для получения набора результатов.
2. Выполнить команды `FETCH/EXECUTE/DESCRIBE` для обработки запроса с указанной `SQLDA`.
3. Определить число записей в наборе результатов, прочитав `sqln`, член структуры `sqllda_t`.
4. Получить значения каждого столбца из элементов `sqlvar[0]`, `sqlvar[1]` и т. д., составляющих массив, включённый в структуру `sqllda_t`.
5. Перейти к следующей строке (структуре `sqllda_t`) по указателю `desc_next`, члену структуры `sqllda_t`.
6. При необходимости повторить эти действия.

Далее показывается, как получить набор результатов через `SQLDA`.

Сначала объявите структуру `sqllda_t`, в которую будет помещён набор результатов.

```
sqllda_t *sqllda1;
```

Затем укажите эту `SQLDA` в команде. В данном примере это команда `FETCH`.

```
EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqllda1;
```

Обработайте все строки в цикле с переходом по связанному списку.

```
sqllda_t *cur_sqllda;

for (cur_sqllda = sqllda1;
     cur_sqllda != NULL;
     cur_sqllda = cur_sqllda->desc_next)
{
    ...
}
```

Внутри этого цикла реализуйте ещё один цикл чтения данных каждого столбца (структуры `sqlvar_t`) в строке.

```
for (i = 0; i < cur_sqllda->sqlld; i++)
{
    sqlvar_t v = cur_sqllda->sqlvar[i];
    char *sqldata = v.sqldata;
    short sqllen = v.sqlllen;
    ...
}
```

Чтобы получить значение столбца, прочитайте значение поля `sqltype`, члена структуры `sqlvar_t`. Затем выберите подходящий способ, в зависимости от типа столбца, копирования данных из поля `sqlvar` в переменную среды.

```
char var_buf[1024];

switch (v.sqltype)
{
    case ECPGt_char:
        memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
        memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf) <= sqllen ? sizeof(var_buf) - 1 :
sqllen));
        break;

    case ECPGt_int: /* integer */
        memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
        snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
        break;
```



```
    ...
}
```

36.7.2.3. Передача значений параметров через SQLDA

Чтобы передать параметры подготовленному запросу через SQLDA, нужно проделать примерно следующее:

1. Создать подготовленный запрос (подготовленный оператор)
2. Объявить структуру `sqlda_t` в качестве входной SQLDA.
3. Выделить область памяти (структуру `sqlda_t`) для входной SQLDA.
4. Установить (скопировать) входные значения в выделенной памяти.
5. Открыть курсор, указав входную SQLDA.

Рассмотрим это на примере.

Сначала создайте подготовленный оператор.

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
char query[1024] = "SELECT d.oid, * FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE d.oid
    = s.datid AND (d.datname = ? OR d.oid = ?)";
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
```

Затем выделите память для SQLDA и установите число входных параметров в поле `sqln`, члене структуры `sqlda_t`. Когда для подготовленного запроса требуются два или более входных параметров, приложение должно выделить дополнительное место в памяти, размер которого вычисляется как $(\text{число параметров} - 1) * \text{sizeof}(\text{sqlvar\_t})$. В показанном здесь примере выделяется место для двух параметров.

```
sqlda_t *sqlda2;

sqlda2 = (sqlda_t *) malloc(sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));
memset(sqlda2, 0, sizeof(sqlda_t) + sizeof(sqlvar_t));

sqlda2->sqln = 2; /* число входных переменных */
```

Выделив память, сохраните значения параметров в массиве `sqlvar[]`. (Этот же массив используется для значений столбцов, когда SQLDA получает набор результатов.) В данном примере передаются два параметра: "postgres" (строкового типа) и 1 (целочисленного типа).

```
sqlda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
sqlda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
sqlda2->sqlvar[0].sqlllen = 8;

int intval = 1;
sqlda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
sqlda2->sqlvar[1].sqldata = (char *) &intval;
sqlda2->sqlvar[1].sqlllen = sizeof(intval);
```

Откройте курсор с указанием ранее созданной SQLDA, чтобы входные параметры были переданы подготовленному оператору.

```
EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqlda2;
```

Наконец, закончив использование входных SQLDA, необходимо явно освободить выделенную для них память, в отличие от SQLDA, получающих результаты запросов.

```
free(sqlda2);
```

36.7.2.4. Пример приложения, использующего SQLDA

Представленный здесь пример программы показывает, как выбрать из системных каталогов статистику доступа к базам данных, определённых входными параметрами.

Это приложение соединяет записи двух системных таблиц, `pg_database` и `pg_stat_database` по OID базы данных, и также выбирает и показывает статистику, принимая два входных параметра (база данных `postgres` и OID 1).

Сначала создайте SQLDA для ввода параметров и SQLDA для вывода результатов.

```
EXEC SQL include sqllda.h;
```

```
sqllda_t *sqllda1; /* выходной дескриптор */
sqllda_t *sqllda2; /* входной дескриптор */
```

Затем подключитесь к базе данных, подготовьте оператор и объявите курсор для подготовленного оператора.

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char query[1024] = "SELECT d.oid,* FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE
d.oid=s.datid AND ( d.datname=? OR d.oid=? )";
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;
```

Затем запишите некоторые значения параметров во входную SQLDA. Выделите память для входной SQLDA и установите количество параметров в `sqln`. Запишите тип, значение и длину значения в поля `sqltype`, `sqldata` и `sqlllen` структуры `sqlvar`.

```
/* Создать структуру SQLDA для входных параметров. */
sqllda2 = (sqllda_t *) malloc(sizeof(sqllda_t) + sizeof(sqlvar_t));
memset(sqllda2, 0, sizeof(sqllda_t) + sizeof(sqlvar_t));
sqllda2->sqln = 2; /* число входных переменных */

sqllda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
sqllda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
sqllda2->sqlvar[0].sqlllen = 8;

intval = 1;
sqllda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
sqllda2->sqlvar[1].sqldata = (char *)&intval;
sqllda2->sqlvar[1].sqlllen = sizeof(intval);
```

Подготовив входную SQLDA, откройте курсор с ней.

```
/* Открыть курсор с входными параметрами. */
EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqllda2;
```

Выберите строки из открытого курсора в выходную SQLDA. (Обычно, чтобы выбрать все строки в наборе результатов, нужно повторять `FETCH` в цикле.)

```
while (1)
{
    sqllda_t *cur_sqllda;
```

```
/* Назначить дескриптор курсору */
EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqlda1;
```

Затем прочитайте выбранные записи из SQLDA, следуя по связанному списку структуры sqlda_t.

```
for (cur_sqlda = sqlda1 ;
     cur_sqlda != NULL ;
     cur_sqlda = cur_sqlda->desc_next)
{
    ...
}
```

Прочитайте все столбцы первой записи. Количество столбцов хранится в поле sqld, а данные первого столбца в sqlvar[0], оба эти поля — члены структуры sqlda_t.

```
/* Вывести каждый столбец в строке. */
for (i = 0; i < sqlda1->sqld; i++)
{
    sqlvar_t v = sqlda1->sqlvar[i];
    char *sqldata = v.sqldata;
    short sqllen = v.sqlllen;

    strncpy(name_buf, v.sqlname.data, v.sqlname.length);
    name_buf[v.sqlname.length] = '\0';
}
```

Теперь данные столбцов сохранены в переменной v. Скопируйте все элементы данных в переменные среды, определив тип столбца по полю v.sqltype.

```
switch (v.sqltype) {
    int intval;
    double doubleval;
    unsigned long long int longlongval;

    case ECPGt_char:
        memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
        memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf) <= sqllen ?
sizeof(var_buf)-1 : sqllen));
        break;

    case ECPGt_int: /* integer */
        memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
        snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
        break;

    ...

    default:
        ...
}

printf("%s = %s (type: %d)\n", name_buf, var_buf, v.sqltype);
}
```

Закончив обработку всех записей, закройте курсор и отключитесь от базы данных.

```
EXEC SQL CLOSE cur1;
EXEC SQL COMMIT;

EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

Вся программа показана в Примере 36.1.

Пример 36.1. Пример программы на базе SQLDA

```
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

EXEC SQL include sqllda.h;

sqllda_t *sqllda1; /* дескриптор для выходных данных */
sqllda_t *sqllda2; /* дескриптор для входных данных */

EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char query[1024] = "SELECT d.oid,* FROM pg_database d, pg_stat_database s WHERE
d.oid=s.datid AND ( d.datname=? OR d.oid=? )";

    int intval;
    unsigned long long int longlongval;
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO uptimedb AS con1 USER uptime;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :query;
    EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;

    /* Создать структуру SQLDA для входных параметров */
    sqllda2 = (sqllda_t *)malloc(sizeof(sqllda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    memset(sqllda2, 0, sizeof(sqllda_t) + sizeof(sqlvar_t));
    sqllda2->sqln = 2; /* число входных переменных */

    sqllda2->sqlvar[0].sqltype = ECPGt_char;
    sqllda2->sqlvar[0].sqldata = "postgres";
    sqllda2->sqlvar[0].sqlllen = 8;

    intval = 1;
    sqllda2->sqlvar[1].sqltype = ECPGt_int;
    sqllda2->sqlvar[1].sqldata = (char *) &intval;
    sqllda2->sqlvar[1].sqlllen = sizeof(intval);

    /* Открыть курсор с входными параметрами. */
    EXEC SQL OPEN cur1 USING DESCRIPTOR sqllda2;

    while (1)
    {
        sqllda_t *cur_sqllda;

        /* Присвоить дескриптор курсору */
        EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur1 INTO DESCRIPTOR sqllda1;

        for (cur_sqllda = sqllda1 ;
```

```
    cur_sqlda != NULL ;
    cur_sqlda = cur_sqlda->desc_next)
{
    int i;
    char name_buf[1024];
    char var_buf[1024];

    /* Напечатать каждый столбец в строке. */
    for (i=0 ; i<cur_sqlda->sqld ; i++)
    {
        sqlvar_t v = cur_sqlda->sqlvar[i];
        char *sqldata = v.sqldata;
        short sqllen = v.sqllen;

        strncpy(name_buf, v.sqlname.data, v.sqlname.length);
        name_buf[v.sqlname.length] = '\0';

        switch (v.sqltype)
        {
            case ECPGt_char:
                memset(&var_buf, 0, sizeof(var_buf));
                memcpy(&var_buf, sqldata, (sizeof(var_buf)<=sqllen ?
sizeof(var_buf)-1 : sqllen) );
                break;

            case ECPGt_int: /* integer */
                memcpy(&intval, sqldata, sqllen);
                snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%d", intval);
                break;

            case ECPGt_long_long: /* bigint */
                memcpy(&longlongval, sqldata, sqllen);
                snprintf(var_buf, sizeof(var_buf), "%lld", longlongval);
                break;

            default:
                {
                    int i;
                    memset(var_buf, 0, sizeof(var_buf));
                    for (i = 0; i < sqllen; i++)
                    {
                        char tmpbuf[16];
                        snprintf(tmpbuf, sizeof(tmpbuf), "%02x ", (unsigned char)
sqldata[i]);
                        strncat(var_buf, tmpbuf, sizeof(var_buf));
                    }
                    break;
                }

            printf("%s = %s (type: %d)\n", name_buf, var_buf, v.sqltype);
        }

        printf("\n");
    }
}

EXEC SQL CLOSE cur1;
```

```
EXEC SQL COMMIT;

EXEC SQL DISCONNECT ALL;

return 0;
}
```

Вывод этой программы должен быть примерно таким (некоторые числа будут меняться).

```
oid = 1 (type: 1)
datname = template1 (type: 1)
datdba = 10 (type: 1)
encoding = 0 (type: 5)
datistemplate = t (type: 1)
dataallowconn = t (type: 1)
datconnlimit = -1 (type: 5)
datlastsysoid = 11510 (type: 1)
datfrozenxid = 379 (type: 1)
dattablespace = 1663 (type: 1)
datconfig = (type: 1)
datacl = {=c/uptime,uptime=CTc/uptime} (type: 1)
datid = 1 (type: 1)
datname = template1 (type: 1)
numbackends = 0 (type: 5)
xact_commit = 113606 (type: 9)
xact_rollback = 0 (type: 9)
blks_read = 130 (type: 9)
blks_hit = 7341714 (type: 9)
tup_returned = 38262679 (type: 9)
tup_fetched = 1836281 (type: 9)
tup_inserted = 0 (type: 9)
tup_updated = 0 (type: 9)
tup_deleted = 0 (type: 9)
```

```
oid = 11511 (type: 1)
datname = postgres (type: 1)
datdba = 10 (type: 1)
encoding = 0 (type: 5)
datistemplate = f (type: 1)
dataallowconn = t (type: 1)
datconnlimit = -1 (type: 5)
datlastsysoid = 11510 (type: 1)
datfrozenxid = 379 (type: 1)
dattablespace = 1663 (type: 1)
datconfig = (type: 1)
datacl = (type: 1)
datid = 11511 (type: 1)
datname = postgres (type: 1)
numbackends = 0 (type: 5)
xact_commit = 221069 (type: 9)
xact_rollback = 18 (type: 9)
blks_read = 1176 (type: 9)
blks_hit = 13943750 (type: 9)
tup_returned = 77410091 (type: 9)
tup_fetched = 3253694 (type: 9)
tup_inserted = 0 (type: 9)
tup_updated = 0 (type: 9)
tup_deleted = 0 (type: 9)
```

36.8. Обработка ошибок

В этом разделе описывается, как можно обрабатывать исключительные условия и предупреждения в программе со встраиваемым SQL. Для этого предназначены два средства, которые могут дополнять друг друга.

- Можно настроить функции-обработчики для обработки предупреждений и ошибок, воспользовавшись командой `WHENEVER`.
- Подробную информацию об ошибке или предупреждении можно получить через переменную `sqlca`.

36.8.1. Установка обработчиков

Один простой метод перехвата ошибок и предупреждений заключается в назначении определённого действия, которое будет выполняться при некотором условии. В общем виде:

```
EXEC SQL WHENEVER условие действие;
```

Здесь *условие* может быть следующим:

`SQLERROR`

Указанное действие вызывается, когда при выполнении оператора SQL происходит ошибка.

`SQLWARNING`

Указанное действие вызывается, когда при выполнении оператора SQL выдаётся предупреждение.

`NOT FOUND`

Указанное действие вызывается, когда оператор SQL получает или обрабатывает ноль строк. (Это обстоятельство не считается ошибкой, но бывает полезно отследить его.)

действие может быть следующим:

`CONTINUE`

Это фактически означает, что условие игнорируется. Это поведение по умолчанию.

`GOTO метка`

`GO TO метка`

Перейти к указанной метке (используя оператор `goto` языка C).

`SQLPRINT`

Вывести сообщение в устройство стандартного вывода. Это полезно для простых программ или при разработке прототипов. Содержание этого сообщения не настраивается.

`STOP`

Вызвать `exit(1)`, что приведёт к завершению программы.

`DO BREAK`

Выполнить оператор `break` языка C. Этот вариант следует использовать только в циклах или операторах `switch`.

`DO CONTINUE`

Выполнить оператор `continue` языка C. Этот вариант следует использовать только в циклах. Данный оператор передаёт управление в начало цикла.

`CALL имя (аргументы)`

`DO имя (аргументы)`

Вызвать указанные функции C с заданными аргументами. (Эти вызовы имеют смысловые отличия от `CALL` и `DO` в обычной грамматике PostgreSQL.)

В стандарте SQL описаны только действия `CONTINUE` и `GOTO` (и `GO TO`).

Ниже показан простой пример использования этих команд. Эта конструкция выводит простое сообщение при выдаче предупреждения и прерывает программу в случае ошибки:

```
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
```

Оператор `EXEC SQL WHENEVER` является директивой препроцессора SQL, а не оператором языка C. Устанавливаемое им действие при ошибках или предупреждениях применяется ко всем встраиваемым операторам SQL ниже точки, где устанавливается обработчик, если только это действие не было изменено после первой команды `EXEC SQL WHENEVER`, и до SQL-оператора, вызвавшего это условие, вне зависимости от хода выполнения программы на C. Поэтому обе следующие программы на C не дадут желаемого эффекта:

```
/*
 * НЕПРАВИЛЬНО
 */
int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
    if (verbose) {
        EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
    }
    ...
    EXEC SQL SELECT ...;
    ...
}

/*
 * НЕПРАВИЛЬНО
 */
int main(int argc, char *argv[])
{
    ...
    set_error_handler();
    ...
    EXEC SQL SELECT ...;
    ...
}

static void set_error_handler(void)
{
    EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
}
```

36.8.2. sqlca

Для более гибкой обработки ошибок в интерфейсе встраиваемого SQL представлена глобальная переменная с именем `sqlca` (SQL Communication Area, Область сведений SQL), имеющая следующую структуру:

```
struct
{
    char sqlcaid[8];
    long sqlabc;
    long sqlcode;
    struct
    {
        int sqlerrml;
        char sqlerrmc[SQLERRMC_LEN];
    }
};
```



```
    } sqlerrm;  
    char sqlerrp[8];  
    long sqlerrd[6];  
    char sqlwarn[8];  
    char sqlstate[5];  
} sqlca;
```

(В многопоточной программе каждый поток автоматически получает собственную копию `sqlca`. Это работает подобно стандартной в C глобальной переменной `errno`.)

Структура `sqlca` покрывает и предупреждения, и ошибки. Если в процессе выполнения оператора выдаётся несколько предупреждений или ошибок, `sqlca` будет содержать сведения только о последнем(ей) из них.

Если последний оператор SQL выполняется без ошибки, `sqlca.sqlcode` будет содержать 0, а `sqlca.sqlstate` — "00000". Если выдаётся предупреждение или ошибка, в `sqlca.sqlcode` будет содержаться отрицательное число, а `sqlca.sqlstate` будет отличаться от "00000". Положительное значение `sqlca.sqlcode` устанавливается при нейтральном событии, например, когда последний запрос возвращает ноль строк. Поля `sqlcode` и `sqlstate` представляют две различные схемы кодов ошибок; подробнее они описаны ниже.

Если последний оператор SQL был успешным, в `sqlca.sqlerrd[1]` содержится OID обработанной строки (если это уместно), а в `sqlca.sqlerrd[2]` количество обработанных или возвращённых строк (если это уместно для команды).

В случае ошибки или предупреждения `sqlca.sqlerrm.sqlerrmc` будет содержать строку, описывающую ошибку. Поле `sqlca.sqlerrm.sqlerrml` содержит длину сообщения об ошибке, которое хранится в `sqlca.sqlerrm.sqlerrmc` (результат функции `strlen()`, который не очень интересен для программиста C). Заметьте, что некоторые сообщения могут не уместиться в массив `sqlerrmc` фиксированного размера; они будут обрезаться.

В случае предупреждения, в `sqlca.sqlwarn[2]` записывается символ `w`. (Во всех других случаях значение будет отличным от `w`.) Символ `w` в `sqlca.sqlwarn[1]` показывает, что значение было обрезано при сохранении в переменной среды. `w` в `sqlca.sqlwarn[0]` устанавливается, если предупреждение отмечается в каком-либо другом элементе массива.

Поля `sqlcaid`, `sqlcabc`, `sqlerrp` и остальные элементы `sqlerrd` и `sqlwarn` в настоящее время не содержат полезной информации.

Структура `sqlca` не определена в стандарте SQL, но реализована в нескольких других СУБД SQL. Принципиально она определяется одинаково, но если вы хотите, чтобы ваши приложения были переносимыми, тщательно изучите различия реализаций.

В следующем примере, демонстрирующем применение `WHENEVER` в сочетании с `sqlca`, выводится содержимое `sqlca` при возникновении ошибки. Это может быть полезно для отладки или в прототипах, пока не реализован более «дружественный пользователю» обработчик ошибок.

```
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CALL print_sqlca();
```

```
void  
print_sqlca()  
{  
    fprintf(stderr, "==== sqlca ====\n");  
    fprintf(stderr, "sqlcode: %ld\n", sqlca.sqlcode);  
    fprintf(stderr, "sqlerrm.sqlerrml: %d\n", sqlca.sqlerrm.sqlerrml);  
    fprintf(stderr, "sqlerrm.sqlerrmc: %s\n", sqlca.sqlerrm.sqlerrmc);  
    fprintf(stderr, "sqlerrd: %ld %ld %ld %ld %ld %ld\n",  
sqlca.sqlerrd[0], sqlca.sqlerrd[1], sqlca.sqlerrd[2],  
  
sqlca.sqlerrd[3], sqlca.sqlerrd[4], sqlca.sqlerrd[5]);  
}
```

```

    fprintf(stderr, "sqlwarn: %d %d %d %d %d %d %d %d\n", sqlca.sqlwarn[0],
sqlca.sqlwarn[1], sqlca.sqlwarn[2],
                                                    sqlca.sqlwarn[3],
sqlca.sqlwarn[4], sqlca.sqlwarn[5],
                                                    sqlca.sqlwarn[6],
sqlca.sqlwarn[7]);
    fprintf(stderr, "sqlstate: %5s\n", sqlca.sqlstate);
    fprintf(stderr, "=====\n");
}

```

Результат может выглядеть следующим образом (при ошибке, вызванной опечаткой в имени таблицы):

```

==== sqlca ====
sqlcode: -400
sqlerrm.sqlerrml: 49
sqlerrm.sqlerrmc: relation "pg_databasep" does not exist on line 38
sqlerrd: 0 0 0 0 0 0
sqlwarn: 0 0 0 0 0 0 0 0
sqlstate: 42P01
=====

```

36.8.3. SQLSTATE и SQLCODE

Поля `sqlca.sqlstate` и `sqlca.sqlcode` отражают две различные схемы, представляющие коды ошибок. Обе схемы пришли из стандарта SQL, но схема `SQLCODE` была признана устаревшей в редакции SQL-92 и исключена в последующих редакциях. Поэтому в новых приложениях настоятельно рекомендуется использовать `SQLSTATE`.

`SQLSTATE` задаётся в массиве из пяти символов. Эти пять символов содержат цифры или буквы в верхнем регистре, представляющие коды различных условий ошибок и предупреждений. `SQLSTATE` определяется по иерархической схеме: первые два символа обозначают общий класс условия, а следующие три — подкласс общего условия. Успешное состояние обозначается кодом 00000. По большей части коды `SQLSTATE` определены в стандарте SQL. Сервер PostgreSQL поддерживает коды ошибок `SQLSTATE` естественным образом; поэтому используя во всех приложениях именно эту схему кодов ошибок, можно добиться высокой степени согласованности. За дальнейшими сведениями обратитесь к Приложению А.

`SQLCODE` — устаревшая схема, в которой коды ошибок представлены просто целыми числами. Значение 0 обозначает успешное завершение, положительное значение — успешное завершение с дополнительной информацией, а отрицательное говорит об ошибке. В стандарте SQL определено только положительное значение +100, показывающее, что последняя команда вернула или затронула ноль строк, но отрицательные значения не определены. Таким образом, с этой схемой нельзя рассчитывать на переносимость и она не имеет иерархической структуры. Исторически сложилось, что процессор встраиваемого SQL для PostgreSQL назначает некоторые определённые значения `SQLCODE` для собственного использования; они перечислены ниже с числовыми значениями и символьными именами. Помните, что эти коды несовместимы с другими реализациями SQL. Поэтому для упрощения перевода приложений на схему `SQLSTATE` вместе с этими кодами перечисляются соответствующие значения `SQLSTATE`. Однако однозначного соответствия один-к-одному или один-ко-многим между этими двумя схемами не существует (на самом деле это соответствие многие-ко-многим), поэтому следует свериться со списком `SQLSTATE` в Приложении А в каждом случае.

`SQLCODE` может принимать следующие значения:

0 (ECPG_NO_ERROR)

Показывает, что ошибки нет. (SQLSTATE 00000)

100 (ECPG_NOT_FOUND)

Это нейтральное условие, показывающее, что последняя команда вернула или обработала ноль строк, либо курсор достиг конца. (SQLSTATE 02000)

Выбирая данные из курсора в цикле, можно проверять этот код, чтобы понять, когда нужно прервать цикл, следующим образом:

```
while (1)
{
    EXEC SQL FETCH ... ;
    if (sqlca.sqlcode == ECPG_NOT_FOUND)
        break;
}
```

Но `WHENEVER NOT FOUND DO BREAK` внутри по сути делает это же, поэтому такое явное условие обычно ничем не лучше.

-12 (ECPG_OUT_OF_MEMORY)

Указывает, что закончилась виртуальная память. Числовое значение определено как `-ENOMEM`. (SQLSTATE YE001)

-200 (ECPG_UNSUPPORTED)

Указывает, что препроцессор сгенерировал код, который не понимает библиотека. Возможно, вы используете несовместимые версии препроцессора и библиотеки. (SQLSTATE YE002)

-201 (ECPG_TOO_MANY_ARGUMENTS)

Это означает, что в команде было указано больше переменных среды, чем она ожидает. (SQLSTATE 07001 или 07002)

-202 (ECPG_TOO_FEW_ARGUMENTS)

Это означает, что в команде было указано меньше переменных среды, чем она ожидает. (SQLSTATE 07001 или 07002)

-203 (ECPG_TOO_MANY_MATCHES)

Это означает, что запрос вернул несколько строк, но оператор был подготовлен только для одной строки результата (например, потому что переданные переменные — не массивы). (SQLSTATE 21000)

-204 (ECPG_INT_FORMAT)

Переменная среды типа `int` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `int`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtol()`. (SQLSTATE 42804)

-205 (ECPG_UINT_FORMAT)

Переменная среды типа `unsigned int` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `unsigned int`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtoul()`. (SQLSTATE 42804)

-206 (ECPG_FLOAT_FORMAT)

Переменная среды типа `float` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `float`. Для этого преобразования библиотека использует функцию `strtod()`. (SQLSTATE 42804)

-207 (ECPG_NUMERIC_FORMAT)

Переменная среды типа `numeric` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `numeric`. (SQLSTATE 42804)

-208 (ECPG_INTERVAL_FORMAT)

Переменная среды типа `interval` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `interval`. (SQLSTATE 42804)

-209 (ECPG_DATE_FORMAT)

Переменная среды типа `date` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `date`. (SQLSTATE 42804)

-210 (ECPG_TIMESTAMP_FORMAT)

Переменная среды типа `timestamp` и данные в базе имеют разные типы, и в этих данных содержится значение, которое нельзя преобразовать в `timestamp`. (SQLSTATE 42804)

-211 (ECPG_CONVERT_BOOL)

Это означает, что переменная среды имеет тип `bool`, а значение в базе данных отличается от `'t'` или `'f'`. (SQLSTATE 42804)

-212 (ECPG_EMPTY)

Серверу PostgreSQL был передан пустой оператор. (Этого обычно не должно происходить в программе со встраиваемым SQL, так что это может указывать на внутреннюю ошибку.) (SQLSTATE YE002)

-213 (ECPG_MISSING_INDICATOR)

Возвращено значение NULL, но переменная-индикатор NULL не задана. (SQLSTATE 22002)

-214 (ECPG_NO_ARRAY)

Там, где требуется массив, была передана обычная переменная. (SQLSTATE 42804)

-215 (ECPG_DATA_NOT_ARRAY)

База данных возвратила обычную переменную там, где требуется значение-массив. (SQLSTATE 42804)

-216 (ECPG_ARRAY_INSERT)

Не удалось вставить значение в массив. (SQLSTATE 42804)

-220 (ECPG_NO_CONN)

Программа попыталась использовать несуществующее подключение. (SQLSTATE 08003)

-221 (ECPG_NOT_CONN)

Программа попыталась использовать подключение, которое существует, но не было открыто. (Это внутренняя ошибка.) (SQLSTATE YE002)

-230 (ECPG_INVALID_STMT)

Оператор, который вы пытаетесь выполнить, не был подготовлен. (SQLSTATE 26000)

-239 (ECPG_INFORMIX_DUPLICATE_KEY)

Ошибка повторяющегося ключа, нарушение ограничения уникальности (режим совместимости с Informix). (SQLSTATE 23505)

-240 (ECPG_UNKNOWN_DESCRIPTOR)

Указанный дескриптор не найден. Оператор, который вы пытаетесь использовать, не был подготовлен. (SQLSTATE 33000)

-241 (ECPG_INVALID_DESCRIPTOR_INDEX)

Указанный индекс дескриптора вне диапазона. (SQLSTATE 07009)

-242 (ECPG_UNKNOWN_DESCRIPTOR_ITEM)

Запрошен неверный элемент дескриптора. (Это внутренняя ошибка.) (SQLSTATE YE002)

-243 (ECPG_VAR_NOT_NUMERIC)

При выполнении динамического оператора база данных возвратила числовое значение, тогда как переменная среды — не числовая. (SQLSTATE 07006)

-244 (ECPG_VAR_NOT_CHAR)

При выполнении динамического оператора база данных возвратила не числовое значение, тогда как переменная среды — числовая. (SQLSTATE 07006)

-284 (ECPG_INFORMIX_SUBSELECT_NOT_ONE)

Результат подзапроса представлен не одной строкой (режим совместимости с Informix). (SQLSTATE 21000)

-400 (ECPG_PGSQL)

Ошибка произошла на стороне сервера PostgreSQL. В тексте ошибки содержится сообщение об ошибке от сервера PostgreSQL.

-401 (ECPG_TRANS)

Сервер PostgreSQL сообщает, что клиент не может запускать, фиксировать или отменять транзакцию. (SQLSTATE 08007)

-402 (ECPG_CONNECT)

Попытка подключения к базе данных была неудачной. (SQLSTATE 08001)

-403 (ECPG_DUPLICATE_KEY)

Ошибка повторяющегося ключа, нарушение ограничения уникальности. (SQLSTATE 23505)

-404 (ECPG_SUBSELECT_NOT_ONE)

Результат подзапроса представлен не одной строкой. (SQLSTATE 21000)

-602 (ECPG_WARNING_UNKNOWN_PORTAL)

Указано неверное имя курсора. (SQLSTATE 34000)

-603 (ECPG_WARNING_IN_TRANSACTION)

Транзакция в процессе выполнения. (SQLSTATE 25001)

-604 (ECPG_WARNING_NO_TRANSACTION)

Нет активной (выполняющейся) транзакции. (SQLSTATE 25P01)

-605 (ECPG_WARNING_PORTAL_EXISTS)

Было указано имя существующего курсора. (SQLSTATE 42P03)

36.9. Директивы препроцессора

Препроцессор `ecpg` поддерживает ряд директив, которые позволяют управлять разбором и обработкой исходных файлов.

36.9.1. Включение файлов

Для включения внешнего файла в программу со встраиваемым SQL, используется конструкция:

```
EXEC SQL INCLUDE имя_файла;  
EXEC SQL INCLUDE <имя_файла>;  
EXEC SQL INCLUDE "имя_файла";
```

Встретив такую директиву, препроцессор встраиваемого SQL будет искать файл `имя_файла.h`, обрабатывать его и включать в выходной код C. В результате встраиваемые операторы SQL во включённом таким образом файле будут обработаны корректно.

Препроцессор `ecpg` будет искать указанный файл в нескольких каталогах в следующем порядке:

- текущий каталог
- `/usr/local/include`
- каталог включаемых файлов PostgreSQL, определённый во время сборки (например, `/usr/local/pgsql/include`)
- `/usr/include`

Но когда используется форма `EXEC SQL INCLUDE "имя_файла"`, просматривается только текущий каталог.

В каждом каталоге препроцессор будет сначала искать файл с заданным именем, а если не обнаружит его, попытается найти файл с добавленным расширением `.h` (если только заданное имя файла уже не содержит это расширение).

Заметьте, что команда `EXEC SQL INCLUDE` *не* равнозначна включению:

```
#include <имя_файла.h>
```

так как во втором случае включаемый файл не проходит через препроцессор SQL-команд. Естественно, директиву `C #include` можно по-прежнему применять для включения других заголовочных файлов.

Примечание

Имя включаемого файла чувствительно к регистру, несмотря на то, что остальная команда `EXEC SQL INCLUDE` подчиняется обычным правилам чувствительности к регистру SQL.

36.9.2. Директивы `define` и `undef`

Во встраиваемом SQL есть конструкция, подобная директиве `#define`, известной в C:

```
EXEC SQL DEFINE имя;  
EXEC SQL DEFINE имя значение;
```

Используя её, можно определить имя:

```
EXEC SQL DEFINE HAVE_FEATURE;
```

И также можно определить константы:

```
EXEC SQL DEFINE MYNUMBER 12;  
EXEC SQL DEFINE MYSTRING 'abc';
```

Удалить предыдущее определение позволяет команда `undef`:

```
EXEC SQL UNDEF MYNUMBER;
```

Разумеется, в программе со встраиваемым SQL можно продолжать использовать версии `#define` и `#undef` языка C. Отличие состоит в том, когда вычисляются определяемые значения. Когда применяется команда `EXEC SQL DEFINE`, вычислять определения и подставлять значения будет препроцессор `ecpg`. Например, если написать:

```
EXEC SQL DEFINE MYNUMBER 12;  
...  
EXEC SQL UPDATE Tbl SET col = MYNUMBER;
```

подстановку выполнит `ecpg` и компилятор C никогда не увидит имени или идентификатора `MYNUMBER`. Заметьте, что с другой стороны `#define` не подходит для определения константы, которую вы хотите использовать во встраиваемом SQL, так как препроцессор встраиваемого SQL не сможет увидеть это определение.

36.9.3. Директивы `ifdef`, `ifndef`, `else`, `elif` и `endif`

Для условной компиляции блоков кода можно использовать следующие указания:

```
EXEC SQL ifdef имя;
```

Проверяет *имя* и обрабатывает последующие строки, если *имя* было определено командой `EXEC SQL define имя`.

```
EXEC SQL ifndef имя;
```

Проверяет *имя* и обрабатывает последующие строки, если *имя* не было определено командой `EXEC SQL define имя`.

```
EXEC SQL else;
```

Начинает альтернативную ветвь условия, открытого командой `EXEC SQL ifdef имя` или `EXEC SQL ifndef имя`.

```
EXEC SQL elif имя;
```

Проверяет *имя* и начинает альтернативную ветвь условия, если *имя* было определено командой `EXEC SQL define имя`.

```
EXEC SQL endif;
```

Завершает ветвь условия.

Пример:

```
EXEC SQL ifndef TZVAR;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO 'GMT';
EXEC SQL elif TZNAME;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZNAME;
EXEC SQL else;
EXEC SQL SET TIMEZONE TO TZVAR;
EXEC SQL endif;
```

36.10. Компиляция программ со встраиваемым SQL

Теперь, когда вы получили представление, как писать программы на C со встраиваемым SQL, вы наверное хотите узнать, как их компилировать. Прежде чем компилировать код C, необходимо пропустить исходный файл через препроцессор встраиваемого SQL в C, который преобразует записанные вами операторы SQL в вызовы специальных функций. После компиляции полученный объектный код нужно скомпоновать со специальной библиотекой, содержащей необходимые функции. Эти функции получают информацию из аргументов, выполняют команды SQL через интерфейс `libpq`, и помещают результат в аргументы, заданные для вывода.

Программа препроцессора называется `ecpg` и входит в состав обычной инсталляции PostgreSQL. Программам со встраиваемым SQL, как правило, даются имена с расширением `.pgc`. Если вы создали код программы в файле `prog1.pgc`, вы можете обработать его, просто выполнив:

```
ecpg prog1.pgc
```

При этом будет создан файл `prog1.c`. Если имена входных файлов не следуют этому соглашению, имя выходного файла можно задать явно в аргументе `-o`.

Обработанный препроцессором файл можно скомпилировать обычным образом, например, так:

```
cc -c prog1.c
```

В сгенерированные исходные файлы C включаются заголовочные файлы из инсталляции PostgreSQL, поэтому если вы установили PostgreSQL так, что соответствующий каталог не про-

считается по умолчанию, вам придётся добавить указание вида `-I/usr/local/pgsql/include` в командную строку компиляции.

Чтобы скомпоновать программу со встраиваемым SQL, необходимо подключить библиотеку `libecpg` примерно так:

```
cc -o myprog prog1.o prog2.o ... -lecpg
```

Возможно, и для этого понадобится добавить в командную строку указание вида `-L/usr/local/pgsql/lib`.

Чтобы узнать пути вашей инсталляции, можно воспользоваться командой `pg_config` или `pkg-config` (в качестве имени пакета нужно указать `libecpg`).

Если вы организуете процесс сборки большого проекта с применением `make`, может быть удобно включить в ваши сборочные файлы следующее неявное правило:

```
ECPG = ecpg
```

```
%.c: %.pgc
    $(ECPG) $<
```

Полный синтаксис вызова команды `ecpg` приведён в описании `ecpg`.

Библиотека `ecpg` по умолчанию потокобезопасна. Однако для компиляции клиентского кода могут потребоваться параметры командной строки для настройки многопоточности.

36.11. Библиотечные функции

Библиотека `libecpg` в основном содержит «скрытые» функции, применяемые для реализации функциональности, выражаемой встраиваемыми командами SQL. Но есть также некоторые функции, которые можно вызывать напрямую. Заметьте, что код, действующий эти функции, будет переносимым.

- `ECPGdebug(int вкл, FILE *поток)` с первым аргументом, отличным от нуля, включает вывод отладочных сообщений в заданный *поток*. Журнал сообщений, полученный таким образом, будет содержать все операторы SQL с заданными входными переменными и результаты, выданные сервером PostgreSQL. Это может быть очень полезно для поиска ошибок в командах SQL.

Примечание

В Windows, если библиотека `ecpg` и приложение скомпилированы с разными флагами, эта функция может вызвать крах приложения из-за различий внутреннего представления указателей `FILE`. В частности, флаги многопоточной/однопоточной, выпускаемой/отладочной или статической/динамической сборки должны быть одинаковыми для библиотеки и всех использующих её приложений.

- `ECPGget_PGconn(const char *имя_подключения)` возвращает указатель на подключение к базе данных, имеющее заданное имя. Если аргумент *имя_подключения* равен `NULL`, возвращается указатель на текущее подключение. Если определить подключение не удаётся, возвращается `NULL`. Полученный указатель на подключение, если требуется, можно использовать при вызове любых других функций `libpq`.

Примечание

Манипулировать подключениями, открытыми средствами `ecpg`, напрямую через `libpq` не следует.

- `ECPGtransactionStatus(const char *имя_подключения)` возвращает состояние текущей транзакции для подключения, на которое указывает `имя_подключения`. Возвращаемые коды состояния перечислены в описании входящей в `libpq` функции `PQtransactionStatus()` в Разделе 34.2.
- `ECPGstatus(int номер_строки, const char* имя_подключения)` возвращает `true` при наличии подключения к базе данных и `false` в противном случае. В аргументе `имя_подключения` можно передать `NULL`, если применяется одно подключение.

36.12. Большие объекты

ECPG не поддерживает большие объекты напрямую, но приложение на базе ECPG может работать с большими объектами, используя предназначенные для этого функции, получив необходимый объект `PGconn` в результате вызова `ECPGget_PGconn()`. (Однако использовать функцию `ECPGget_PGconn()` и напрямую воздействовать на объекты `PGconn` следует очень осторожно; в идеале стоит исключить при этом другие обращения к базе данных через ECPG.)

Подробнее функция `ECPGget_PGconn()` описана в Разделе 36.11. Интерфейс функций для работы с большими объектами рассмотрен в Главе 35.

Функции для работы с большими объектами должны вызываться в блоке транзакций, поэтому если режим автофиксации отключён, необходимо явно выдавать команды `BEGIN`.

В Примере 36.2 приведён пример программы, показывающий, как создать, записать и прочитать большой объект в приложении ECPG.

Пример 36.2. Программа на базе ECPG, работающая с большими объектами

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <libpq-fe.h>
#include <libpq/libpq-fs.h>

EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;

int
main(void)
{
    PGconn      *conn;
    Oid          loid;
    int          fd;
    char         buf[256];
    int          buflen = 256;
    char         buf2[256];
    int          rc;

    memset(buf, 1, buflen);

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    conn = ECPGget_PGconn("con1");
    printf("conn = %p\n", conn);

    /* create */
    loid = lo_create(conn, 0);
    if (loid &lt; 0)
        printf("lo_create() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

    printf("loid = %d\n", loid);
```

```

/* write test */
fd = lo_open(conn, loid, INV_READ|INV_WRITE);
if (fd < 0)
    printf("lo_open() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

printf("fd = %d\n", fd);

rc = lo_write(conn, fd, buf, buflen);
if (rc < 0)
    printf("lo_write() failed\n");

rc = lo_close(conn, fd);
if (rc < 0)
    printf("lo_close() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

/* read test */
fd = lo_open(conn, loid, INV_READ);
if (fd < 0)
    printf("lo_open() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

printf("fd = %d\n", fd);

rc = lo_read(conn, fd, buf2, buflen);
if (rc < 0)
    printf("lo_read() failed\n");

rc = lo_close(conn, fd);
if (rc < 0)
    printf("lo_close() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

/* check */
rc = memcmp(buf, buf2, buflen);
printf("memcmp() = %d\n", rc);

/* cleanup */
rc = lo_unlink(conn, loid);
if (rc < 0)
    printf("lo_unlink() failed: %s", PQerrorMessage(conn));

EXEC SQL COMMIT;
EXEC SQL DISCONNECT ALL;
return 0;
}

```

36.13. Приложения на C++

ЕСРРГ обеспечивает поддержку языка C++ в ограниченном объёме. Некоторые её особенности описаны в этом разделе.

Препроцессор `esprg` принимает входной файл, написанный на С (или языке, подобном С) со встраиваемыми командами SQL, преобразует встроенные команды SQL в конструкции языка С и в результате формирует файл `.c`. Объявления библиотечных функций, вызываемых в конструкциях С, которые генерирует `esprg`, заворачиваются в блоки `extern "C" { ... }` при использовании C++, так что они должны прозрачно работать в C++.

Однако вообще говоря, препроцессор `esprg` понимает только С; он не воспринимает особый синтаксис и зарезервированные слова языка C++. Поэтому какой-то код SQL, встроенный в код прило-

жения на С++, в котором используются сложные особенности С++, может корректно не обработаться препроцессором или не работать как ожидается.

Надёжный подход к применению внедрённого кода SQL в приложении на С++ заключается в том, чтобы скрыть вызовы ЕСРР в модуле С, который будет вызываться приложением на С++ для работы с базой данных и который будет скомпонован с остальным кодом С++. Подробнее это описано в Подразделе 36.13.2.

36.13.1. Область видимости переменных среды

Препроцессор `ecpg` имеет понимание области видимости переменных в С. С языком С это довольно просто, так как область видимости переменных определяется их блоками кода. В С++, однако, переменные-члены класса задействуются не в том блоке кода, в каком они объявлены, так что препроцессор `ecpg` не сможет корректно определить область видимости таких переменных.

Например, в следующем случае препроцессор `ecpg` не сможет найти определение переменной `dbname` в методе `test`, так что произойдёт ошибка.

```
class TestCpp
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

public:
    TestCpp();
    void test();
    ~TestCpp();
};

TestCpp::TestCpp()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
}

void Test::test()
{
    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current_database = %s\n", dbname);
}

TestCpp::~TestCpp()
{
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
}
```

При обработке данного кода будет выдано сообщение:

ecpg test_cpp.pgc

test_cpp.pgc:28: ERROR: variable "dbname" is not declared

(test_cpp.pgc:28: ОШИБКА: переменная "dbname" не объявлена)

Для решения этой проблемы можно немного изменить метод `test` и задействовать в нём локальную переменную для промежуточного хранения. Но предложенный подход нельзя считать хорошим, так как это портит код и снижает производительность.

```
void TestCpp::test()
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

```
char tmp[1024];
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL SELECT current_database() INTO :tmp;
strcpy(dbname, tmp, sizeof(tmp));

printf("current_database = %s\n", dbname);
}
```

36.13.2. Разработка приложения на C++ с внешним модулем на C

Если вы поняли технические ограничения препроцессора `ecpg` с C++, вы можете прийти к заключению, что для использования ECPG в приложениях на C++ лучше связывать код C с кодом C++ на стадии компоновки, а не внедрять команды SQL непосредственно в код на C++. В данном разделе показывается, как отделить встраиваемые команды SQL от кода приложения на C++, на простом примере. В этом примере приложение реализуется на C++, а взаимодействие с сервером PostgreSQL построено на C и ECPG.

Для сборки нужно создать три типа файлов: файл на C (*.pgc), заголовочный файл и файл на C++:

`test_mod.pgc`

Модуль подпрограмм будет выполнять SQL-команды, встроенные в C. Этот код нужно будет преобразовать в `test_mod.c` с помощью препроцессора.

```
#include "test_mod.h"
#include <stdio.h>

void
db_connect()
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL
    COMMIT;
}

void
db_test()
{
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char dbname[1024];
    EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL SELECT current_database() INTO :dbname;
    printf("current_database = %s\n", dbname);
}

void
db_disconnect()
{
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
}
```

`test_mod.h`

Заголовочный файл с объявлениями функций в модуле на языке C (`test_mod.pgc`). Он включается в `test_cpp.cpp`. Объявления в этом файле должны заключаться в блок `extern "C"`, так как он будет связываться с модулем C++.

```
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
```

```
#endif

void db_connect();
void db_test();
void db_disconnect();

#ifdef __cplusplus
}
#endif
```

test_cpp.cpp

Основной код приложения, содержащий функцию `main`, а также, в данном примере, класс C++.

```
#include "test_mod.h"

class TestCpp
{
public:
    TestCpp();
    void test();
    ~TestCpp();
};

TestCpp::TestCpp()
{
    db_connect();
}

void
TestCpp::test()
{
    db_test();
}

TestCpp::~TestCpp()
{
    db_disconnect();
}

int
main(void)
{
    TestCpp *t = new TestCpp();

    t->test();
    return 0;
}
```

Для сборки приложения сделайте следующее. Преобразуйте `test_mod.pgc` в `test_mod.c` с помощью `ecpg`, а затем получите `test_mod.o`, скомпилировав `test_mod.c` компилятором C:

```
ecpg -o test_mod.c test_mod.pgc
cc -c test_mod.c -o test_mod.o
```

После этого получите `test_cpp.o`, скомпилировав `test_cpp.cpp` компилятором C++:

```
c++ -c test_cpp.cpp -o test_cpp.o
```

Наконец, свяжите полученные объектные файлы, `test_cpp.o` и `test_mod.o`, в один исполняемый файл, выполнив компоновку под управлением компилятора C++:

```
c++ test_cpp.o test_mod.o -lecpG -o test_cpp
```

36.14. Команды встраиваемого SQL

В этом разделе описаны все команды, предназначенные специально для встраиваемого SQL. В Справке: «Команды SQL» также описаны обычные команды SQL, которые можно использовать и как встраиваемые, если явно не отмечено обратное.

ALLOCATE DESCRIPTOR

ALLOCATE DESCRIPTOR — выделить область SQL-дескриптора

Синтаксис

```
ALLOCATE DESCRIPTOR имя
```

Описание

ALLOCATE DESCRIPTOR выделяет новую именованную область SQL-дескриптора, через которую можно обмениваться данными между сервером PostgreSQL и программой на C.

После использования области дескрипторов должны освобождаться командой DEALLOCATE DESCRIPTOR.

Параметры

имя

Имя SQL-дескриптора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

Примеры

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда ALLOCATE DESCRIPTOR описана в стандарте SQL.

См. также

DEALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

CONNECT

CONNECT — установить подключение к базе данных

Синтаксис

```
CONNECT TO цель_подключения [ AS имя_подключения ] [ USER пользователь_подключения ]  
CONNECT TO DEFAULT  
CONNECT пользователь_подключения  
DATABASE цель_подключения
```

Описание

Команда CONNECT устанавливает подключение клиента к серверу PostgreSQL.

Параметры

цель_подключения

цель_соединения задаёт целевой сервер и базу для подключения в одной из нескольких форм.

[*имя_бд*] [@*сервер*] [:*порт*]

Подключение по TCP/IP

unix:postgresql://*сервер* [:*порт*] / [*имя_бд*] [?*параметр_подключения*]

Подключение через Unix-сокеты

tcp:postgresql://*сервер* [:*порт*] / [*имя_бд*] [?*параметр_подключения*]

Подключение по TCP/IP

Строковая константа SQL

содержащая значение в одной из показанных выше форм

переменная среды

переменная среды типа char[] или VARCHAR[], содержащая значение в одной из показанных выше форм

объект_соединения

Необязательный идентификатор подключения, позволяющий обращаться к этому подключению в других командах. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

пользователь_подключения

Имя пользователя для подключения к базе данных.

В этом параметре также можно передать имя и пароль одним из следующих способов:
имя_пользователя/пароль, *имя_пользователя IDENTIFIED BY пароль* или *имя_пользователя USING пароль*.

В качестве имени пользователя и пароля можно задать идентификаторы SQL, строковые константы или переменные среды.

DEFAULT

Использовать все параметры подключения по умолчанию, которые определены библиотекой libpq.

Примеры

Несколько вариантов указания параметров подключения:


```
EXEC SQL CONNECT TO "connectdb" AS main;
EXEC SQL CONNECT TO "connectdb" AS second;
EXEC SQL CONNECT TO "unix:postgresql://200.46.204.71/connectdb" AS main USER
connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO "unix:postgresql://localhost/connectdb" AS main USER connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO 'connectdb' AS main;
EXEC SQL CONNECT TO 'unix:postgresql://localhost/connectdb' AS main USER :user;
EXEC SQL CONNECT TO :db AS :id;
EXEC SQL CONNECT TO :db USER connectuser USING :pw;
EXEC SQL CONNECT TO @localhost AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO REGRESSDB1 as main;
EXEC SQL CONNECT TO AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS :id;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS main USER connectuser/connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb AS main;
EXEC SQL CONNECT TO connectdb@localhost AS main;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost/ USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser IDENTIFIED BY
connectpw;
EXEC SQL CONNECT TO tcp:postgresql://localhost:20/connectdb USER connectuser IDENTIFIED
BY connectpw;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/ AS main USER connectdb;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb AS main USER connectuser;
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser IDENTIFIED
BY "connectpw";
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb USER connectuser USING
"connectpw";
EXEC SQL CONNECT TO unix:postgresql://localhost/connectdb?connect_timeout=14 USER
connectuser;
```

Следующий пример программы демонстрирует применение переменных среды для определения параметров подключения:

```
int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    char *dbname      = "testdb";      /* имя базы данных */
    char *user        = "testuser";    /* имя пользователя подключения */
    char *connection  = "tcp:postgresql://localhost:5432/testdb";
                                    /* строка подключения */
    char ver[256];      /* буфер для хранения строки версии */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    ECPGdebug(1, stderr);

    EXEC SQL CONNECT TO :dbname USER :user;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL SELECT version() INTO :ver;
    EXEC SQL DISCONNECT;

    printf("version: %s\n", ver);

    EXEC SQL CONNECT TO :connection USER :user;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL SELECT version() INTO :ver;
    EXEC SQL DISCONNECT;

    printf("version: %s\n", ver);
```

```
    return 0;  
}
```

Совместимость

Команда `CONNECT` описана в стандарте SQL, но формат параметров подключения определяется реализацией.

См. также

`DISCONNECT`, `SET CONNECTION`

DEALLOCATE DESCRIPTOR

DEALLOCATE DESCRIPTOR — освободить область SQL-дескриптора

Синтаксис

```
DEALLOCATE DESCRIPTOR имя
```

Описание

DEALLOCATE DESCRIPTOR освобождает область именованного SQL-дескриптора.

Параметры

имя

Имя дескриптора, подлежащего освобождению, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

Примеры

```
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда DEALLOCATE DESCRIPTOR описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

DECLARE

DECLARE — определить курсор

Синтаксис

```
DECLARE имя_курсора [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ { WITH |  
WITHOUT } HOLD ] FOR подготовленный_оператор  
DECLARE имя_курсора [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ { WITH |  
WITHOUT } HOLD ] FOR запрос
```

Описание

DECLARE объявляет курсор для прохода по набору результатов подготовленного оператора. Эта команда несколько отличается от обычной SQL-команды DECLARE: тогда как последняя выполняет запрос и подготавливает набор результатов для получения, встраиваемая SQL-команда просто объявляет имя в качестве «переменной цикла» для прохода по набору результатов запроса; фактически запрос выполнится, когда курсор будет открыт командой OPEN.

Параметры

имя_курсора

Имя курсора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

подготовленный_оператор

Имя подготовленного запроса, задаваемое SQL-идентификатором или переменной среды.

запрос

Команда SELECT или VALUES, выдающая строки, которые будут получены через курсор.

Параметры курсора рассматриваются в описании DECLARE.

Примеры

Примеры объявления курсора для запроса:

```
EXEC SQL DECLARE C CURSOR FOR SELECT * FROM My_Table;  
EXEC SQL DECLARE C CURSOR FOR SELECT Item1 FROM T;  
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT version();
```

Пример объявления курсора для подготовленного оператора:

```
EXEC SQL PREPARE stmt1 AS SELECT version();  
EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt1;
```

Совместимость

Команда DECLARE описана в стандарте SQL.

См. также

OPEN, CLOSE, DECLARE

DESCRIBE

DESCRIBE — получить информацию о подготовленном операторе или наборе результатов

Синтаксис

```
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор USING [ SQL ] DESCRIPTOR имя_дескриптора
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор INTO [ SQL ] DESCRIPTOR имя_дескриптора
DESCRIBE [ OUTPUT ] подготовленный_оператор INTO имя_sqlda
```

Описание

DESCRIBE получает метаданные о результирующих столбцах, содержащихся в подготовленном операторе, не считывая собственно строки результата.

Параметры

подготовленный_оператор

Имя подготовленного оператора. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

имя_дескриптора

Имя дескриптора, задаётся с учётом регистра. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

имя_sqlda

Имя переменной SQLDA.

Примеры

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
EXEC SQL PREPARE stmt1 FROM :sql_stmt;
EXEC SQL DESCRIBE stmt1 INTO SQL DESCRIPTOR mydesc;
EXEC SQL GET DESCRIPTOR mydesc VALUE 1 :charvar = NAME;
EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR mydesc;
```

Совместимость

Команда DESCRIBE описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR

DISCONNECT

DISCONNECT — закрыть подключение к базе данных

Синтаксис

```
DISCONNECT имя_подключения
DISCONNECT [ CURRENT ]
DISCONNECT DEFAULT
DISCONNECT ALL
```

Описание

DISCONNECT закрывает подключение (или все подключения) к базе данных.

Параметры

имя_подключения

Имя подключения к базе данных устанавливается командой CONNECT.

CURRENT

Закрывает «текущее» подключение, то есть подключение, открытое последним, либо установленное командой SET CONNECTION. Текущее подключение подразумевается по умолчанию, если DISCONNECT выполняется без аргументов.

DEFAULT

Закрывает подключение по умолчанию.

ALL

Закрывает все открытые подключения.

Примеры

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS DEFAULT USER testuser;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con2 USER testuser;
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con3 USER testuser;

    EXEC SQL DISCONNECT CURRENT; /* закрывает con3          */
    EXEC SQL DISCONNECT DEFAULT; /* закрывает DEFAULT   */
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;     /* закрывает con2 и con1 */

    return 0;
}
```

Совместимость

Команда DISCONNECT описана в стандарте SQL.

См. также

CONNECT, SET CONNECTION

EXECUTE IMMEDIATE

EXECUTE IMMEDIATE — динамически подготовить и выполнить оператор

Синтаксис

```
EXECUTE IMMEDIATE строка
```

Описание

EXECUTE IMMEDIATE немедленно подготавливает и выполняет динамически задаваемый оператор SQL, не получая при этом строки результата.

Параметры

строка

Строковая константа *C* или переменная среды, содержащая SQL-оператор, который нужно выполнить.

Примеры

Пример выполнения оператора INSERT с применением команды EXECUTE IMMEDIATE и переменной среды `command`:

```
sprintf(command, "INSERT INTO test (name, amount, letter) VALUES ('db: 'r1'', 1, 'f')");  
EXEC SQL EXECUTE IMMEDIATE :command;
```

Совместимость

Команда EXECUTE IMMEDIATE описана в стандарте SQL.

GET DESCRIPTOR

GET DESCRIPTOR — получить информацию из области дескриптора SQL

Синтаксис

```
GET DESCRIPTOR имя_дескриптора :cvariable = элемент_заголовка_дескриптора [, ... ]  
GET DESCRIPTOR имя_дескриптора VALUE номер_столбца :cvariable = элемент_дескриптора  
[, ... ]
```

Описание

GET DESCRIPTOR получает информацию о наборе результатов запроса из области дескриптора SQL и сохраняет её в переменные среды. Область дескриптора обычно предварительно заполняется командами FETCH или SELECT, чтобы из неё можно было перенести сопутствующую информацию в переменные среды.

Эта команда имеет две формы: первая форма выдаёт элементы из «заголовка» дескриптора, который относится ко всему набору результатов в целом. Например, это число строк. Другая форма, требующая указания в дополнительном параметре номера столбца, выдаёт информацию о конкретном столбце строки. В качестве примеров можно привести имя столбца и фактическое значение в этом столбце.

Параметры

имя_дескриптора

Имя дескриптора.

элемент_заголовка_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент заголовка нужно получить. В настоящее время поддерживается только COUNT, позволяющий получить число столбцов в наборе результатов.

номер_столбца

Номер столбца, информацию о котором нужно получить. Нумерация начинается с 1.

элемент_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент информации о столбце нужно получить. Список поддерживаемых элементов приведён в Подразделе 36.7.1.

cvariable

Переменная среды, в которую будут сохранены данные, полученные из области дескриптора.

Примеры

Пример получения числа столбцов в наборе результатов:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d :d_count = COUNT;
```

Пример получения размера данных в первом столбце:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_returned_octet_length = RETURNED_OCTET_LENGTH;
```

Пример получения содержимого данных второго столбца в виде строки:

```
EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 2 :d_data = DATA;
```

Следующий пример демонстрирует всю процедуру выполнения `SELECT current_database();` и вывода числа столбцов, длины данных в столбце и содержимого столбца:

```
int
```



```
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    int d_count;
    char d_data[1024];
    int d_returned_octet_length;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1 USER testuser;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR d;

    /* Объявить, открыть курсор и присвоить ему дескриптор */
    EXEC SQL DECLARE cur CURSOR FOR SELECT current_database();
    EXEC SQL OPEN cur;
    EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur INTO SQL DESCRIPTOR d;

    /* Получить общее число столбцов */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d :d_count = COUNT;
    printf("d_count          = %d\n", d_count);

    /* Получить размер возвращённого столбца */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_returned_octet_length = RETURNED_OCTET_LENGTH;
    printf("d_returned_octet_length = %d\n", d_returned_octet_length);

    /* Выбрать возвращённый столбец в виде текстовой строки */
    EXEC SQL GET DESCRIPTOR d VALUE 1 :d_data = DATA;
    printf("d_data          = %s\n", d_data);

    /* Закрытие */
    EXEC SQL CLOSE cur;
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;

    return 0;
}
```

При выполнении этого примера будет получен такой результат:

```
d_count          = 1
d_returned_octet_length = 6
d_data          = testdb
```

Совместимость

Команда GET DESCRIPTOR описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, SET DESCRIPTOR

OPEN

OPEN — открыть динамический курсор

Синтаксис

```
OPEN имя_курсора  
OPEN имя_курсора USING значение [, ... ]  
OPEN имя_курсора USING SQL DESCRIPTOR имя_дескриптора
```

Описание

OPEN открывает курсор и в дополнение может связывать фактические значения с местозаполнителями в объявлении курсора. Курсор должен быть предварительно объявлен командой DECLARE. Команда OPEN запускает выполнение запроса на сервере.

Параметры

имя_курсора

Имя открываемого курсора. Этот может быть идентификатор SQL или переменная среды.

значение

Значение, связываемое с местозаполнителем в курсоре. Это может быть константа SQL, переменная среды или переменная среды с индикатором.

имя_дескриптора

Имя дескриптора, содержащего значения, которые должны быть связаны с местозаполнителями в курсоре. Это может быть идентификатор SQL или переменная среды.

Примеры

```
EXEC SQL OPEN a;  
EXEC SQL OPEN d USING 1, 'test';  
EXEC SQL OPEN c1 USING SQL DESCRIPTOR mydesc;  
EXEC SQL OPEN :curname1;
```

Совместимость

Команда OPEN описана в стандарте SQL.

См. также

DECLARE, CLOSE

PREPARE

PREPARE — подготовить оператор к выполнению

Синтаксис

```
PREPARE имя FROM строка
```

Описание

Команда PREPARE подготавливает к выполнению динамический оператор, задаваемый в виде строки. Она отличается от обычного SQL-оператора PREPARE, который также можно использовать во встраиваемых командах. Для обоих типов подготовленных операторов применяется команда EXECUTE.

Параметры

подготовленный_оператор

Идентификатор для подготовленного запроса.

строка

Строковая константа C или переменная среды, содержащая подготавливаемый оператор: SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE.

Примеры

```
char *stmt = "SELECT * FROM test1 WHERE a = ? AND b = ?";
```

```
EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR outdesc;
```

```
EXEC SQL PREPARE foo FROM :stmt;
```

```
EXEC SQL EXECUTE foo USING SQL DESCRIPTOR indesc INTO SQL DESCRIPTOR outdesc;
```

Совместимость

Команда PREPARE описана в стандарте SQL.

См. также

EXECUTE

SET AUTOCOMMIT

SET AUTOCOMMIT — установить режим автофиксации для текущего сеанса

Синтаксис

```
SET AUTOCOMMIT { = | TO } { ON | OFF }
```

Описание

SET AUTOCOMMIT устанавливает режим автофиксации для текущего сеанса использования базы данных. По умолчанию программы со встраиваемым SQL работают *не* в режиме автофиксации, так что в определённые моменты нужно явно выполнять COMMIT. Эта команда может переключить сеанс в режим автофиксации, когда неявно фиксируется каждый отдельный оператор.

Совместимость

SET AUTOCOMMIT — расширение PostgreSQL ECPG.

SET CONNECTION

SET CONNECTION — выбрать подключение к базе данных

Синтаксис

```
SET CONNECTION [ TO | = ] имя_подключения
```

Описание

SET CONNECTION устанавливает «текущее» подключение к базе данных, которое будет использоваться командами, не задающими подключение явно.

Параметры

имя_подключения

Имя подключения к базе данных устанавливается командой CONNECT.

DEFAULT

Устанавливает заданное подключение подключением по умолчанию.

Примеры

```
EXEC SQL SET CONNECTION TO con2;  
EXEC SQL SET CONNECTION = con1;
```

Совместимость

Команда SET CONNECTION описана в стандарте SQL.

См. также

CONNECT, DISCONNECT

SET DESCRIPTOR

SET DESCRIPTOR — внести информацию в область дескриптора SQL

Синтаксис

```
SET DESCRIPTOR имя_дескриптора элемент_заголовка_дескриптора = значение [, ... ]  
SET DESCRIPTOR имя_дескриптора VALUE номер элемент_дескриптора = значение [, ...]
```

Описание

SET DESCRIPTOR заполняет область SQL-дескриптора значениями. Заполненная область дескриптора обычно применяется для привязывания параметров при выполнении подготовленного запроса.

Эта команда имеет две формы: первая применяется к «заголовку» дескриптора, который не зависит от конкретных данных. Вторая форма устанавливает значения для определённых полей по номерам.

Параметры

имя_дескриптора

Имя дескриптора.

элемент_заголовка_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент заголовка нужно задать. В настоящее время поддерживается только COUNT, позволяющий задать число элементов в дескрипторе.

номер

Номер элемента дескриптора, для которого задаётся значение. Нумерация начинается с 1.

элемент_дескриптора

Идентификатор, определяющий, какой элемент нужно установить в дескрипторе. Список поддерживаемых элементов приведён в Подразделе 36.7.1.

значение

Значение, которое нужно поместить в элемент дескриптора. Это может быть константа SQL или переменная среды.

Примеры

```
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc COUNT = 1;  
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 1 DATA = 2;  
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 1 DATA = :val1;  
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 2 INDICATOR = :val1, DATA = 'some string';  
EXEC SQL SET DESCRIPTOR indesc VALUE 2 INDICATOR = :val2null, DATA = :val2;
```

Совместимость

Команда SET DESCRIPTOR описана в стандарте SQL.

См. также

ALLOCATE DESCRIPTOR, GET DESCRIPTOR

TYPE

TYPE — создать новый тип данных

Синтаксис

```
TYPE имя_типа IS тип_С
```

Описание

Команда TYPE определяет новый тип С. Она равнозначна добавлению typedef в секции объявлений.

Эта команда принимается, только когда есрг запускается с параметром -с.

Параметры

имя_типа

Имя нового типа. Это имя должно быть допустимым для типа в языке С.

тип_С

Определение типа С.

Примеры

```
EXEC SQL TYPE customer IS
struct
{
    varchar name[50];
    int      phone;
};
```

```
EXEC SQL TYPE cust_ind IS
struct ind
{
    short  name_ind;
    short  phone_ind;
};
```

```
EXEC SQL TYPE c IS char reference;
EXEC SQL TYPE ind IS union { int integer; short smallint; };
EXEC SQL TYPE intarray IS int[AMOUNT];
EXEC SQL TYPE str IS varchar[BUFFERSIZ];
EXEC SQL TYPE string IS char[11];
```

Пример программы, в которой используется EXEC SQL TYPE:

```
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR SQLPRINT;
```

```
EXEC SQL TYPE tt IS
struct
{
    varchar v[256];
    int     i;
};
```

```
EXEC SQL TYPE tt_ind IS
struct ind {
    short  v_ind;
    short  i_ind;
};
```

```
int
main(void)
{
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
    tt t;
    tt_ind t_ind;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL SELECT current_database(), 256 INTO :t:t_ind LIMIT 1;

    printf("t.v = %s\n", t.v.arr);
    printf("t.i = %d\n", t.i);

    printf("t_ind.v_ind = %d\n", t_ind.v_ind);
    printf("t_ind.i_ind = %d\n", t_ind.i_ind);

    EXEC SQL DISCONNECT con1;

    return 0;
}
```

Эта программа выдаёт следующее:

```
t.v = testdb
t.i = 256
t_ind.v_ind = 0
t_ind.i_ind = 0
```

Совместимость

Команда TYPE — расширение PostgreSQL.

VAR

VAR — определить переменную

Синтаксис

```
VAR имя_переменной IS тип_С
```

Описание

Команда VAR назначает переменной среды новый тип данных C. Переменная среды должна быть объявлена ранее в секции объявлений.

Параметры

имя_переменной

Имя переменной C.

тип_С

Определение типа C.

Примеры

```
Exec sql begin declare section;  
short a;  
exec sql end declare section;  
EXEC SQL VAR a IS int;
```

Совместимость

Команда VAR — расширение PostgreSQL.

WHENEVER

WHENEVER — определить действие, которое должно выполняться, когда при обработке SQL-оператора возникает определённое условие

Синтаксис

```
WHENEVER { NOT FOUND | SQLERROR | SQLWARNING } действие
```

Описание

Устанавливает поведение в случае определённых условий (строки не найдены, выданы предупреждения или ошибки SQL и т. д.), возникающих в ходе выполнения SQL.

Параметры

Описание параметров приведено в Подразделе 36.8.1.

Примеры

```
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND CONTINUE;
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO CONTINUE;
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING SQLPRINT;
EXEC SQL WHENEVER SQLWARNING DO warn();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR sqlprint;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CALL print2();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO handle_error("select");
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO sqlnotice(NULL, NONO);
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR DO sqlprint();
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO error_label;
EXEC SQL WHENEVER SQLERROR STOP;
```

Типичное применение конструкции WHENEVER NOT FOUND BREAK находит в обработке результатов запроса в цикле:

```
int
main(void)
{
    EXEC SQL CONNECT TO testdb AS con1;
    EXEC SQL SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false); EXEC SQL COMMIT;
    EXEC SQL ALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DECLARE cur CURSOR FOR SELECT current_database(), 'hoge', 256;
    EXEC SQL OPEN cur;

    /* по достижении конца набора результатов прервать цикл while */
    EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND DO BREAK;

    while (1)
    {
        EXEC SQL FETCH NEXT FROM cur INTO SQL DESCRIPTOR d;
        ...
    }

    EXEC SQL CLOSE cur;
    EXEC SQL COMMIT;

    EXEC SQL DEALLOCATE DESCRIPTOR d;
    EXEC SQL DISCONNECT ALL;
```

```
    return 0;
}
```

Совместимость

Команда `WHENEVER` описана в стандарте SQL, но большинство действий относятся к расширениям PostgreSQL.

36.15. Режим совместимости с Informix

Препроцессор `ecpg` может работать в так называемом *режиме совместимости с Informix*. Если этот режим включён, `ecpg` старается работать как предкомпилятор Informix для кода Informix E/SQL. Вообще говоря, это позволяет записывать встраиваемые команды SQL, используя знак доллара вместо слов `EXEC SQL`:

```
$int j = 3;
$CONNECT TO :dbname;
$CREATE TABLE test(i INT PRIMARY KEY, j INT);
$INSERT INTO test(i, j) VALUES (7, :j);
$COMMIT;
```

Примечание

Между `$` и последующей директивой препроцессора (в частности, `include`, `define`, `ifdef` и т. п.) не должно быть пробельных символов. В противном случае препроцессор воспримет следующее слово как имя переменной среды.

Поддерживаются два режима совместимости: `INFORMIX` и `INFORMIX_SE`

При компоновке программ, использующих этот режим совместимости, обязательно подключите библиотеку `libcompat`, поставляемую с ECPG.

Помимо ранее упомянутого синтаксического сахара, режим совместимости с Informix приносит из E/SQL в ECPG набор функций для ввода, вывода и преобразования данных, а также встраиваемые операторы SQL.

Режим совместимости с Informix тесно связан с библиотекой `pgtypeslib` из ECPG. Библиотека `pgtypeslib` сопоставляет типы данных SQL с типами данных в ведущей программе на C, а большинство дополнительных функций режима совместимости с Informix позволяют работать с этими типами C. Заметьте, однако, что степень совместимости ограничена. ECPG не пытается копировать поведение Informix; вы можете выполнять примерно те же операции и пользоваться функциями с теми же именами и с тем же поведением, но если вы используете Informix, просто заменить одно средство другим на данный момент нельзя. Более того, есть различия и в типах данных. В частности, типы даты и интервала в PostgreSQL не воспринимают диапазоны, как например, `YEAR TO MINUTE`, так что и в ECPG это не будет поддерживаться.

36.15.1. Дополнительные типы

Теперь в режиме Informix без указания `typedef` поддерживается специальный псевдотип Informix "string" для хранения символьной строки, обрезаемой справа. На самом деле, в режиме Informix ECPG откажется обрабатывать исходные файлы, содержащие определение типа `typedef` некоторый_тип string;

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
string userid; /* эта переменная будет содержать обрезанные данные */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

EXEC SQL FETCH MYCUR INTO :userid;
```

36.15.2. Дополнительные/недостающие операторы встраиваемого SQL

CLOSE DATABASE

Этот оператор закрывает текущее подключение. Фактически это синоним команды DISCONNECT CURRENT в ECPG:

```
$CLOSE DATABASE;                /* закрыть текущее подключение */
EXEC SQL CLOSE DATABASE;
```

FREE имя_курсора

Из-за различий в подходах ECPG и ESQL/C Informix (т. е. другого разделения на чисто грамматические преобразования и вызовы нижележащей библиотеки времени выполнения), в ECPG нет оператора FREE имя_курсора. Это связано с тем, что в ECPG команда DECLARE CURSOR не сводится к вызову функции в библиотеке времени выполнения, которая бы принимала имя курсора. Это значит, что курсоры SQL в библиотеке ECPG не требуют обслуживания, оно требуется только на уровне сервера PostgreSQL.

FREE имя_оператора

Команда FREE имя_оператора является синонимом команды DEALLOCATE PREPARE имя_оператора.

36.15.3. Области дескрипторов SQLDA, совместимые с Informix

Режим совместимости с Informix поддерживает структуру, отличную от описанной в Подразделе 36.7.2. См. ниже:

```
struct sqlvar_compat
{
    short    sqltype;
    int      sqllen;
    char     *sqldata;
    short    *sqlind;
    char     *sqlname;
    char     *sqlformat;
    short    sqlitype;
    short    sqlilen;
    char     *sqlidata;
    int      sqlxid;
    char     *sqltypename;
    short    sqltypelen;
    short    sqlownerlen;
    short    sqlsourcetype;
    char     *sqlownername;
    int      sqlsourceid;
    char     *sqlilongdata;
    int      sqlflags;
    void     *sqlreserved;
};

struct sqlda_compat
{
    short    sqld;
    struct sqlvar_compat *sqlvar;
    char     desc_name[19];
    short    desc_occ;
    struct sqlda_compat *desc_next;
    void     *reserved;
};
```

```
};

typedef struct sqlvar_compat    sqlvar_t;
typedef struct sqlda_compat    sqlda_t;

Глобальные свойства:

sqld
    Число полей в дескрипторе SQLDA.

sqlvar
    Указатель на свойства по полям.

desc_name
    Не используется, заполняется нулями.

desc_occ
    Размер структуры в памяти.

desc_next
    Указатель на следующую структуру SQLDA, если набор результатов содержит больше одной записи.

reserved
    Неиспользуемый указатель, содержит NULL. Сохраняется для совместимости с Informix.

Свойства, относящиеся к полям, описаны ниже, они хранятся в массиве sqlvar:

sqltype
    Тип поля. Соответствующие константы представлены в sqltypes.h

sqllen
    Длина данных поля.

sqldata
    Указатель на данные поля. Этот указатель имеет тип char *, но он указывает на данные в двоичном формате. Например:

    int intval;

    switch (sqldata->sqlvar[i].sqltype)
    {
        case SQLINTEGER:
            intval = *(int *)sqldata->sqlvar[i].sqldata;
            break;
        ...
    }

sqlind
    Указатель на индикатор NULL. Если возвращается командами DESCRIBE или FETCH, это всегда действительный указатель. Если передаётся на вход команде EXECUTE ... USING sqlda;, NULL вместо указателя означает, что значение этого поля отлично от NULL. Чтобы обозначить NULL в поле, необходимо корректно установить этот указатель и sqltype. Например:

    if (*(int2 *)sqldata->sqlvar[i].sqlind != 0)
        printf("value is NULL\n");
```

sqlname

Имя поля, в виде строки с завершающим 0.

sqlformat

Зарезервировано в Informix, значение PQfformat() для данного поля.

sqltype

Тип данных индикатора NULL. При получении данных с сервера это всегда SQLSMINT. Когда SQLDA используется в параметризованном запросе, данные индикатора обрабатываются в соответствии с указанным здесь типом.

sqlilen

Длина данных индикатора NULL.

sqlxid

Расширенный тип поля, результат функции PQftype().

sqltypename

sqltypelen

sqlownerlen

sqlsourcetype

sqlownername

sqlsourceid

sqlflags

sqlreserved

Не используются.

sqlilongdata

Совпадает с sqldata, если sqlilen превышает 32 Кбайта.

Например:

```
EXEC SQL INCLUDE sqlda.h;
```

```
    sqlda_t          *sqlda; /* Это объявление не обязательно должно быть внутри DECLARE
SECTION */
```

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
```

```
char *prep_stmt = "select * from table1";
```

```
int i;
```

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

```
...
```

```
EXEC SQL PREPARE mystmt FROM :prep_stmt;
```

```
EXEC SQL DESCRIBE mystmt INTO sqlda;
```

```
printf("# of fields: %d\n", sqlda->sqld);
```

```
for (i = 0; i < sqlda->sqld; i++)
```

```
    printf("field %d: \"%s\"\n", sqlda->sqlvar[i]->sqlname);
```

```
EXEC SQL DECLARE mycursor CURSOR FOR mystmt;
```

```
EXEC SQL OPEN mycursor;
```

```
EXEC SQL WHENEVER NOT FOUND GOTO out;
```

```
while (1)
{
    EXEC SQL FETCH mycursor USING sqlda;
}

EXEC SQL CLOSE mycursor;

free(sqlda); /* Освободить нужно только основную структуру,
              * sqlda и sqlda->sqlvar находятся в одной выделенной области. */
```

Дополнительную информацию можно найти в заголовочном файле `sqlda.h` и в регрессионном тесте `src/interfaces/ecpg/test/compat_informix/sqlda.pgc`.

36.15.4. Дополнительные функции

`decadd`

Складывает два значения типа `decimal`.

```
int decadd(decimal *arg1, decimal *arg2, decimal *sum);
```

Эта функция получает указатель на первый операнд типа `decimal` (`arg1`), указатель на второй операнд типа `decimal` (`arg2`) и указатель на переменную типа `decimal`, в которую будет записана сумма (`sum`). В случае успеха эта функция возвращает 0. `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` возвращается в случае переполнения, а `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW` в случае антипереполнения. При любых других ошибках возвращается -1, а в `errno` устанавливается код `errno` из `pgtypeslib`.

`deccmp`

Сравнивает два значения типа `decimal`.

```
int deccmp(decimal *arg1, decimal *arg2);
```

Эта функция получает указатель на первое значение типа `decimal` (`arg1`), указатель на второе значение типа `decimal` (`arg2`) и возвращает целое, отражающее результат сравнения этих чисел.

- 1, если значение, на которое указывает `arg1`, больше значения, на которое указывает `var2`
- -1, если значение, на которое указывает `arg1`, меньше значения, на которое указывает `arg2`
- 0, если значение, на которое указывает `arg1`, равно значению, на которое указывает `arg2`

`deccopy`

Копирует значение типа `decimal`.

```
void deccopy(decimal *src, decimal *target);
```

Функция принимает в первом аргументе (`src`) указатель на значение `decimal`, которое должно быть скопировано, а во втором аргументе (`target`) принимает указатель на структуру типа `decimal` для скопированного значения.

`deccvasc`

Преобразует значение из представления ASCII в тип `decimal`.

```
int deccvasc(char *cp, int len, decimal *np);
```

Эта функция получает указатель на строку, содержащую строковое представление числа, которое нужно преобразовать, (`cp`), а также его длину `len`. В `np` передаётся указатель на переменную типа `decimal`, в которую будет помещён результат преобразования.

Допустимыми являются, например следующие форматы: `-2`, `.794`, `+3.44`, `592.49E07` или `-32.84e-4`.

В случае успеха эта функция возвращает 0. При переполнении или антипереполнении возвращается `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно. Если разобрать ASCII-представление не удаётся, возвращается `ECPG_INFORMIX_BAD_NUMERIC` или `ECPG_INFORMIX_BAD_EXPONENT`, если не удаётся разобрать компонент экспоненты.

`deccvdbl`

Преобразует значение `double` в значение типа `decimal`.

```
int deccvdbl(double dbl, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`dbl`) переменную типа `double`, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную `decimal`, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`deccvint`

Преобразует значение `int` в значение типа `decimal`.

```
int deccvint(int in, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`in`) переменную типа `int`, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную `decimal`, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`deccvlong`

Преобразует значение `long` в значение типа `decimal`.

```
int deccvlong(long lng, decimal *np);
```

Данная функция принимает в первом аргументе (`lng`) переменную типа `long`, которая должна быть преобразована. Во втором аргументе (`np`) она принимает указатель на переменную `decimal`, в которую будет помещён результат операции.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, либо отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

`decdiv`

Делит одну переменную типа `decimal` на другую.

```
int decdiv(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (`n1` и `n2`) и вычисляет частное $n1/n2$. В `result` передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW` или `ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`, соответственно. При попытке деления на ноль возвращается `ECPG_INFORMIX_DIVIDE_ZERO`.

`decmul`

Перемножает два значения типа `decimal`.

```
int decmul(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (`n1` и `n2`) и вычисляет произведение $n1*n2$. В `result` передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает ЕСРР_INFORMIX_NUM_OVERFLOW или ЕСРР_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW, соответственно.

decsub

Вычитает одно значение типа decimal из другого.

```
int decsub(decimal *n1, decimal *n2, decimal *result);
```

Эта функция получает указатели на переменные (n1 и n2) и вычисляет разность n1-n2. В result передаётся указатель на переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, а при ошибке — отрицательное значение. В случае переполнения или антипереполнения данная функция возвращает ЕСРР_INFORMIX_NUM_OVERFLOW или ЕСРР_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW, соответственно.

dectoasc

Преобразует переменную типа decimal в представление ASCII (в строку C char*).

```
int dectoasc(decimal *np, char *cp, int len, int right)
```

Эта функция получает указатель на переменную типа decimal (np), которая будет преобразована в текстовое представление. Аргумент cp указывает на буфер, в который будет помещён результат операции. Аргумент right определяет, сколько должно выводиться цифр правее десятичной точки. Результат будет округлён до этого числа десятичных цифр. Значение right, равное -1, указывает, что выводиться должны все имеющиеся десятичные цифры. Если длина выходного буфера, которую задаёт len, недостаточна для помещения в него текстового представления, включая завершающий нулевой байт, в буфере сохраняется один знак * и возвращается -1.

Эта функция возвращает -1, если буфер cp слишком мал, либо ЕСРР_INFORMIX_OUT_OF_MEMORY при нехватке памяти.

dectodbl

Преобразует переменную типа decimal в тип double.

```
int dectodbl(decimal *np, double *dblp);
```

Эта функция получает указатель (np) на значение decimal, которое нужно преобразовать, и указатель (dblp) на переменную double, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось.

dectoint

Преобразует переменную типа decimal в тип integer.

```
int dectoint(decimal *np, int *ip);
```

Эта функция получает указатель (np) на значение decimal, которое нужно преобразовать, и указатель (ip) на целочисленную переменную, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось. В случае переполнения возвращается ЕСРР_INFORMIX_NUM_OVERFLOW.

Заметьте, что реализация ЕСРР отличается от реализации Informix. В Informix целое ограничивается диапазоном -32767 .. 32767, тогда как в ЕСРР ограничение зависит от архитектуры (-INT_MAX .. INT_MAX).

dectolong

Преобразует переменную типа decimal в тип long.

```
int dectolong(decimal *np, long *lngp);
```

Эта функция получает указатель (`np`) на значение `decimal`, которое нужно преобразовать, и указатель (`lngp`) на переменную типа `long`, в которую будет помещён результат операции.

В случае успеха возвращается 0, или отрицательное значение, если выполнить преобразование не удалось. В случае переполнения возвращается `ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW`.

Заметьте, что реализация ECPG отличается от реализации Informix. В Informix длинное целое ограничено диапазоном -2 147 483 647 .. 2 147 483 647, тогда как в ECPG ограничение зависит от архитектуры (`-LONG_MAX .. LONG_MAX`).

`rdatestr`

Преобразует дату в строку `C char*`.

```
int rdatestr(date d, char *str);
```

Эта функция принимает два аргумента. В первом (`d`) передаётся дата, которую нужно преобразовать, а во втором указатель на целевую строку. Результат всегда выводится в формате `yyyy-mm-dd`, так что для этой строки нужно выделить минимум 11 байт (включая завершающий нулевой байт).

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Заметьте, что реализация ECPG отличается от реализации Informix. В Informix формат вывода можно изменить переменными окружения, а в ECPG он фиксирован.

`rstrdate`

Разбирает текстовое представление даты.

```
int rstrdate(char *str, date *d);
```

Эта функция получает текстовое представление (`str`) даты, которую нужно преобразовать, и указатель на переменную типа `date` (`d`). Для данной функции нельзя задать маску формата. Она использует стандартную маску формата Informix, а именно: `mm/dd/yyyy`. Внутри эта функция вызывает `rdefmtdate`. Таким образом, `rstrdate` не будет быстрее, и если у вас есть выбор, используйте функцию `rdefmtdate`, которая позволяет явно задать маску формата.

Эта функция возвращает те же значения, что и `rdefmtdate`.

`rtoday`

Выдаёт текущую дату.

```
void rtoday(date *d);
```

Эта функция получает указатель на переменную (`d`) типа `date`, в которую будет записана текущая дата.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_today`.

`rjulmdy`

Извлекает значения дня, месяца и года из переменной типа `date`.

```
int rjulmdy(date d, short mdy[3]);
```

Эта функция получает дату `d` и указатель на 3 коротких целочисленных значения `mdy`. Имя переменной указывает на порядок значений: в `mdy[0]` записывается номер месяца, в `mdy[1]` — номер дня, а в `mdy[2]` — год.

В текущем состоянии эта функция всегда возвращает 0.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_julmdy`.

rdefmtdate

Преобразует символьную строку в значение типа `date` по маске формата.

```
int rdefmtdate(date *d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает указатель на переменную типа `date` (`d`), в которую будет помещён результат операции, маску формата для разбора даты (`fmt`) и строку `C char*`, содержащую текстовое представление даты (`str`). Ожидается, что текстовое представление будет соответствовать маске формата. Однако это соответствие не обязательно должно быть точным. Данная функция анализирует только порядок элементов и ищет в нём подстроки `yy` или `yyyy`, обозначающие позицию года, подстроку `mm`, обозначающую позицию месяца, и `dd`, обозначающую позицию дня.

Эта функция возвращает следующие значения:

- 0 — Функция выполнена успешно.
- `ECPG_INFORMIX_ENOSHORTDATE` — Дата не содержит разделителей между днём, месяцем и годом. С таким форматом входная строка должна быть длиной ровно 6 или 8 байт, но это не так.
- `ECPG_INFORMIX_ENOTDMY` — Строка формата не определяет корректно последовательный порядок года, месяца и дня.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_DAY` — Во входной строке отсутствует корректное указание дня.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_MONTH` — Во входной строке отсутствует корректное указание месяца.
- `ECPG_INFORMIX_BAD_YEAR` — Во входной строке отсутствует корректное указание года.

В реализации этой функции вызывается `PGTYPESdate_defmt_asc`. Примеры вводимых строк приведены в таблице в её описании.

rfmtdate

Преобразует переменную типа `date` в текстовое представление по маске формата.

```
int rfmtdate(date d, char *fmt, char *str);
```

Эта функция принимает дату для преобразования (`d`), маску формата (`fmt`) и строку, в которую будет помещено текстовое представление даты (`str`).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPESdate_fmt_asc`, примеры форматов можно найти в её описании.

rmidyjul

Образует значение даты из массива 3 коротких целых, задающих день, месяц и год даты.

```
int rmidyjul(short mdy[3], date *d);
```

Эта функция получает в первом аргументе массив из 3 коротких целых (`mdy`), а во втором указатель на переменную типа `date`, в которую будет помещён результат операции.

В настоящее время эта функция всегда возвращает 0.

В реализации этой функции вызывается `PGTYPESdate_midyjul`.

rdayofweek

Возвращает число, представляющее день недели для заданной даты.

```
int rdayofweek(date d);
```

Эта функция принимает в единственном аргументе переменную `d` типа `date` и возвращает целое число, выражающее день недели для этой даты.

- 0 — Воскресенье
- 1 — Понедельник
- 2 — Вторник
- 3 — Среда
- 4 — Четверг
- 5 — Пятница
- 6 — Суббота

В реализации этой функции вызывается `PGTYPESdate_dayofweek`.

`dtcurrent`

Получает текущее время.

```
void dtcurrent(timestamp *ts);
```

Эта функция получает текущее время и сохраняет его в переменной типа `timestamp`, на которую указывает `ts`.

`dtcvasc`

Разбирает время из текстового представления в переменную типа `timestamp`.

```
int dtcvasc(char *str, timestamp *ts);
```

Эта функция получает строку (`str`), которую нужно разобрать, и указатель на переменную типа `timestamp`, в которую будет помещён результат операции (`ts`).

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция вызывает `PGTYPEStimestamp_from_asc`. Примеры вводимых строк приведены в таблице в её описании.

`dtcvfmtasc`

Разбирает время из текстового представления в переменную типа `timestamp` по маске формата.

```
dtcvfmtasc(char *inbuf, char *fmtstr, timestamp *dtvalue)
```

Эта функция получает строку (`inbuf`), которую нужно разобрать, маску формата (`fmtstr`) и указатель на переменную `timestamp`, в которой будет содержаться результат операции (`dtvalue`).

В реализации этой функции используется `PGTYPEStimestamp_defmt_asc`. Список допустимых кодов формата приведён в её описании.

Эта функция возвращает 0 в случае успеха, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dtsub`

Вычитает одно значение времени из другого и возвращает переменную типа `interval`.

```
int dtsub(timestamp *ts1, timestamp *ts2, interval *iv);
```

Эта функция вычитает значение `timestamp`, на которое указывает `ts2`, из значения `timestamp`, на которое указывает `ts1`, и сохраняет результат в переменной типа `interval`, на которую указывает `iv`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dttoasc`

Преобразует переменную типа `timestamp` в строку C `char*`.

```
int dttoasc(timestamp *ts, char *output);
```

Эта функция получает указатель (*ts*) на переменную типа `timestamp`, которую нужно преобразовать, и строку (*output*) для сохранения результата операции. Она преобразует *ts* в текстовое представление согласно стандарту SQL, то есть по маске `YYYY-MM-DD HH:MM:SS`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`dttofmtasc`

Преобразует переменную типа `timestamp` в строку `C char*` по маске формата.

```
int dttofmtasc(timestamp *ts, char *output, int str_len, char *fmtstr);
```

Эта функция получает в первом аргументе (*ts*) указатель на переменную типа `timestamp`, а в последующих указатель на буфер вывода (*output*), максимальную длину строки, которую может принять буфер (*str_len*), и маску формата, с которой будет выполняться преобразование (*fmtstr*).

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

Внутри эта функция использует `PGTYPEtimestamp_fmt_asc`. Примеры допустимых масок формата можно найти в её описании.

`intoasc`

Преобразует переменную типа `interval` в строку `C char*`.

```
int intoasc(interval *i, char *str);
```

Эта функция получает указатель (*i*) на переменную типа `interval`, которую нужно преобразовать, и строку (*str*) для сохранения результата операции. Она преобразует *i* в текстовое представление согласно стандарту SQL, то есть по маске `YYYY-MM-DD HH:MM:SS`.

В случае успеха возвращается 0, а в случае ошибки — отрицательное значение.

`rfmtlong`

Преобразует длинное целое в текстовое представление по маске формата.

```
int rfmtlong(long lng_val, char *fmt, char *outbuf);
```

Эта функция принимает значение типа `long` (*lng_val*), маску формата (*fmt*) и указатель на выходной буфер (*outbuf*). Она преобразует длинное целое в его текстовое представление согласно заданной маске формата.

Маску формата можно составить из следующих символов, определяющих формат:

- * (звёздочка) — если в данной позиции будет пусто, заполнить её звёздочкой.
- & (амперсанд) — если в данной позиции будет пусто, заполнить её нулём.
- # — заменить ведущие нули пробелами.
- < — выровнять число в строке по левой стороне.
- , (запятая) — сгруппировать числа, содержащие четыре и более цифр, в группы по три цифры через запятую.
- . (точка) — этот символ отделяет целую часть числа от дробной.
- - (минус) — с отрицательным числом должен выводиться знак минус.
- + (плюс) — с положительным числом должен выводиться знак плюс.
- (— это символ заменяет знак минус перед отрицательным числом. Сам знак минус выводиться не будет.
-) — этот символ заменяет минус и выводится после отрицательного числа.
- \$ — символ денежной суммы.

rupshift

Приводит строку к верхнему регистру.

```
void rupshift(char *str);
```

Эта функция получает указатель на строку и приводит в ней каждый символ в нижнем регистре к верхнему регистру.

byleng

Возвращает число символов в строке, не считая завершающих пробелов.

```
int byleng(char *str, int len);
```

Эта функция принимает в первом аргументе (*str*) строку фиксированной длины, а во втором (*len*) её длину. Она возвращает число значимых символов, то есть длину строки без завершающих пробелов.

ldchar

Копирует строку фиксированной длины в строку с завершающим нулём.

```
void ldchar(char *src, int len, char *dest);
```

Эта функция принимает строку фиксированной длины (*src*), которую нужно скопировать, её длину (*len*) и указатель на целевой буфер в памяти (*dest*). Учтите, что для буфера, на который указывает *dest*, необходимо выделить как минимум *len*+1 байт. Данная функция копирует в новую область не больше *len* байт (меньше, если в исходной строке есть завершающие пробелы) и добавляет завершающий 0.

rgetmsg

```
int rgetmsg(int msgnum, char *s, int maxsize);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

rtypalign

```
int rtypalign(int offset, int type);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

rtpmsize

```
int rtpmsize(int type, int len);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

rtpwidth

```
int rtpwidth(int sqltype, int sqlen);
```

Эта функция определена, но не реализована на данный момент!

rsetnull

Присваивает переменной NULL.

```
int rsetnull(int t, char *ptr);
```

Эта функция получает целое, определяющее тип переменной, и указатель на саму переменную, приведённый к указателю C *char**.

Определены следующие типы:

- CCHARTYPE — для переменной типа *char* или *char**
- CSHORTTYPE — для переменной типа *short int*
- CINTTYPE — для переменной типа *int*

- CBOOLTYPE — для переменной типа `boolean`
- CFLOATTYPE — для переменной типа `float`
- CLONGTYPE — для переменной типа `long`
- CDOUBLETYPE — для переменной типа `double`
- CDECIMALTYPE — для переменной типа `decimal`
- CDATETYPE — для переменной типа `date`
- CDTIMETYPE — для переменной типа `timestamp`

Примеры вызова этой функции:

```
$char c[] = "abc          ";
$short s = 17;
$sint i = -74874;

rsetnull(CCHARTYPE, (char *) c);
rsetnull(CSHORTTYPE, (char *) &s);
rsetnull(CINTTYPE, (char *) &i);
```

`risnull`

Проверяет содержимое переменной на NULL.

```
int risnull(int t, char *ptr);
```

Эта функция получает тип проверяемой переменной (`t`), а также указатель на неё (`ptr`). Обратите внимание, что этот указатель нужно привести к `char*`. Список возможных типов переменных приведён в описании функции `rsetnull`.

Примеры использования этой функции:

```
$char c[] = "abc          ";
$short s = 17;
$sint i = -74874;

risnull(CCHARTYPE, (char *) c);
risnull(CSHORTTYPE, (char *) &s);
risnull(CINTTYPE, (char *) &i);
```

36.15.5. Дополнительные константы

Заметьте, что все эти константы относятся к ошибкам и все они представлены отрицательными значениями. Из описаний различных констант вы также можете узнать, какими именно числами они представлены в текущей реализации. Однако полагаться на эти числа не следует. Тем не менее, вы можете рассчитывать на то, что все эти значения будут отрицательными.

`ECPG_INFORMIX_NUM_OVERFLOW`

Функции возвращают это значение, если при вычислении происходит переполнение. Внутри оно представляется числом -1200 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_NUM_UNDERFLOW`

Функции возвращают это значение, если при вычислении происходит антипереполнение. Внутри оно представляется числом -1201 (определение Informix).

`ECPG_INFORMIX_DIVIDE_ZERO`

Функции возвращают это значение при попытке деления на ноль. Внутри оно представляется числом -1202 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_YEAR

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание года. Внутри оно представляется числом -1204 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_MONTH

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание месяца. Внутри оно представляется числом -1205 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_DAY

Функции возвращают это значение, если при разборе даты встретилось некорректное указание дня. Внутри оно представляется числом -1206 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_ENOSHORTDATE

Функции возвращают это значение, если процедуре разбора даты требуется короткая запись даты, но строка даты имеет неподходящую длину. Внутри оно представляется числом -1209 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_DATE_CONVERT

Функции возвращают это значение, если при форматировании даты происходит ошибка. Внутри оно представляется числом -1210 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_OUT_OF_MEMORY

Функции возвращают это значение, если им не хватает памяти для выполнения операций. Внутри оно представляется числом -1211 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_ENOTDMY

Функции возвращают это значение, если процедура разбора должна была получить маску формата (например, mmdyy), но не все поля были записаны правильно. Внутри оно представляется числом -1212 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_NUMERIC

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может получить числовое значение из текстового представления, потому что оно некорректно, либо если процедура вычисления не может произвести операцию с числовыми переменными из-за недопустимого значения минимум одной из этих переменных. Внутри оно представляется числом -1213 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_EXPONENT

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может воспринять экспоненту в числе. Внутри оно представляется числом -1216 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_BAD_DATE

Функции возвращают это значение, если процедура разбора не может разобрать дату. Внутри оно представляется числом -1218 (определение Informix).

ЕСРР_INFORMIX_EXTRA_CHARS

Функции возвращают это значение, если процедуре разбора передаются посторонние символы, которая она не может разобрать. Внутри оно представляется числом -1264 (определение Informix).

36.16. Внутреннее устройство

В этом разделе рассказывается, как препроцессор ЕСРР устроен внутри. Эта информация может оказаться полезной для пользователей, желающих понять, как использовать ЕСРР.

Первые четыре строки, которые `ecpg` записывает в вывод, фиксированы. Первые две строки содержат комментарии, а следующие две директивы включения, подключающие интерфейс к библиотеке. Затем препроцессор прочитывает файл и продолжает запись в вывод. Обычно он просто печатает всё в устройство вывода.

Встречая команду `EXEC SQL`, он вмешивается и изменяет её. Данная команда начинается со слов `EXEC SQL` и заканчивается знаком `;`. Всё между ними воспринимается как оператор SQL и разбирается для подстановки переменных.

Подстановка переменных имеет место, когда символ начинается с двоеточия (`:`). ECPG будет искать переменную с таким именем среди переменных, ранее объявленных в секции `EXEC SQL DECLARE`.

Самая важная функция в библиотеке — `ECPGdo`, которая осуществляет выполнение большинства команд. Она принимает переменное число аргументов (это число легко может достигать 50, и мы надеемся, что это не приведёт к проблемам ни на какой платформе).

Ей передаются следующие аргументы:

Номер строки

Номер исходной строки; используется только в сообщениях об ошибках.

Строка

Команда SQL, которая должна быть выполнена. На её содержимое влияют входные переменные, то есть переменные, добавленные в команду, но неизвестные во время компиляции. Места, в которые должны вставляться переменные, обозначаются знаками `?`.

Входные переменные

Для каждой входной переменной формируются десять аргументов. (См. ниже.)

`ECPGt_EOIT`

Перечисление (`enum`), показывающее, что больше входных переменных нет.

Выходные переменные

Для каждой входной переменной формируются десять аргументов. (См. ниже.) Эти переменные заполняются данной функцией.

`ECPGt_EORT`

Перечисление (`enum`), показывающее, что больше выходных переменных нет.

Для каждой переменной, включённой в команду SQL, эта функция принимает десять аргументов:

1. Тип в виде специального символа.
2. Указатель на значение или указатель на указатель.
3. Размер переменной, если она имеет тип `char` или `varchar`.
4. Число элементов в массиве (при выборке данных в массив).
5. Смещение следующего элемента в массиве (при выборке данных в массив).
6. Тип переменной-индикатора в виде специального символа.
7. Указатель на переменную-индикатор.
8. 0
9. Число элементов в массиве индикаторов (при выборке данных в массив).
10. Смещение следующего элемента в массиве индикаторов (при выборке данных в массив).

Заметьте, что не все команды SQL обрабатываются таким образом. Например, команда открытия курсора вида:

```
EXEC SQL OPEN курсор;
```

не копируется в вывод. Вместо этого в позиции команды OPEN применяется команда DECLARE этого курсора, так как на самом деле курсор открывает она.

Ниже показан полный пример, демонстрирующий результат обработки препроцессором файла `foo.pgc` (детали могут меняться от версии к версии препроцессора):

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
int index;
int result;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
...
EXEC SQL SELECT res INTO :result FROM mytable WHERE index = :index;
```

преобразуется в:

```
/* Processed by ecpg (2.6.0) */
/* These two include files are added by the preprocessor */
#include <ecpgtype.h>;
#include <ecpglib.h>;

/* exec sql begin declare section */

#line 1 "foo.pgc"

    int index;
    int result;
/* exec sql end declare section */
...
ECPGdo(__LINE__, NULL, "SELECT res FROM mytable WHERE index = ?    ",
        ECPGt_int, &(index), 1L, 1L, sizeof(int),
        ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EOIT,
        ECPGt_int, &(result), 1L, 1L, sizeof(int),
        ECPGt_NO_INDICATOR, NULL , 0L, 0L, 0L, ECPGt_EORT);
#line 147 "foo.pgc"
```

(Отступы здесь добавлены для читаемости, препроцессор их не вставляет.)

Глава 37. Информационная схема

Информационная схема состоит из набора представлений, содержащих информацию об объектах, определённых в текущей базе данных. Информационная схема описана в стандарте SQL и поэтому можно рассчитывать на её переносимость и стабильность — в отличие от системных каталогов, которые привязаны к PostgreSQL, и моделируются, отталкиваясь от реализации. Представления информационной схемы, однако, не содержат информацию о функциях, присущих исключительно PostgreSQL; чтобы получить информацию о них, необходимо обратиться к системным каталогам или другим специфическим представлениям PostgreSQL.

Примечание

Когда из базы данных запрашивается информация об ограничениях, возможна ситуация, когда соответствующий стандарту запрос, который должен возвращать одну строку, возвращает несколько. Это связано с тем, что стандарт SQL требует, чтобы имена ограничений были уникальными в схеме, но в PostgreSQL такого требования нет. Имена ограничений, которые PostgreSQL генерирует автоматически, не должны дублироваться в одной схеме, но сами пользователи могут назначить подобные дублирующиеся имена.

Эта проблема может проявиться при обращении к таким представлениям информационной схемы, как `check_constraint_routine_usage`, `check_constraints`, `domain_constraints` и `referential_constraints`. В некоторых других представлениях она могла бы тоже иметь место, но они содержат имя таблицы, помогающее различить дублирующиеся строки, например: `constraint_column_usage`, `constraint_table_usage`, `table_constraints`.

37.1. Схема

Информационная схема сама по себе — это схема с именем `information_schema`. Данная схема автоматически доступна во всех базах данных. Владелец этой схемы является начальный пользователь баз данных в кластере, и этот пользователь, естественно, имеет все права в ней, включая возможность её удалить (хотя достигаемая при этом экономия пространства минимальна).

По умолчанию информационная схема отсутствует в пути поиска схем, так что ко всем объектам в ней нужно обращаться по полным именам. Так как имена некоторых объектов в информационной схеме довольно распространённые и могут встречаться и в пользовательских приложениях, будьте осторожны, добавляя информационную схему в путь поиска.

37.2. Типы данных

Столбцы в представлениях информационной схемы имеют специальные типы данных, определённые в информационной схеме. Они определены как простые домены поверх обычных встроенных типов. Задействовать эти типы вне информационной схемы не следует, но тем не менее, приложения, выбирающие данные из информационной схеме должны быть готовы работать с ними.

Это следующие типы:

`cardinal_number`

Неотрицательное целое.

`character_data`

Строка символов (без определённого ограничения по длине).

`sql_identifier`

Строка символов. Этот тип применяется для идентификаторов SQL, тогда как тип `character_data` для всех остальных видов текстовых данных.

time_stamp

Домен на базе типа timestamp with time zone

yes_or_no

Домен символьной строки, который принимает либо YES, либо NO. Этот домен применяется для представления булевых данных (истина/ложь, true/false) в информационной схеме. (Информационная схема была введена до появления в стандарте SQL типа boolean, поэтому данный домен необходим для сохранения обратной совместимости информационной схемы.)

Все столбцы в информационной схеме имеют один из этих пяти типов.

37.3. information_schema_catalog_name

Таблица information_schema_catalog_name всегда содержит одну строку и один столбец с именем текущей базы данных (текущий каталог, в терминологии SQL).

Таблица 37.1. Столбцы information_schema_catalog_name

Имя	Тип данных	Описание
catalog_name	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей эту информационную схему

37.4. administrable_role_authorizations

Представление administrable_role_authorizations описывает все роли, для которых текущий пользователь является администратором.

Таблица 37.2. Столбцы administrable_role_authorizations

Имя	Тип данных	Описание
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было разрешено участие в целевой роли (может быть текущий пользователь, либо другая роль, в случае вложенного членства)
role_name	sql_identifier	Имя целевой роли
is_grantable	yes_or_no	Всегда YES

37.5. applicable_roles

Представление applicable_roles описывает все роли, права которых может использовать текущий пользователь. Это означает, что существует некоторая цепочка ролей от текущего пользователя к целевой роли. Роль самого пользователя также считается применимой. Набор применимых ролей обычно используется для проверки разрешений.

Таблица 37.3. Столбцы applicable_roles

Имя	Тип данных	Описание
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было разрешено участие в целевой роли (может быть текущий пользователь, либо другая роль, в случае вложенного членства)
role_name	sql_identifier	Имя целевой роли
is_grantable	yes_or_no	YES, если субъект является администратором для этой роли, или NO в противном случае

37.6. attributes

Представление `attributes` содержит информацию об атрибутах составных типов данных, определённых в базе. (Заметьте, что представление не даёт информацию о столбцах таблицы, которые иногда называются атрибутами в контекстах PostgreSQL.) В нём показываются только те атрибуты, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторое право для использования типа).

Таблица 37.4. Столбцы `attributes`

Имя	Тип данных	Описание
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей тип данных (всегда текущая база)
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей тип данных
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа данных
<code>attribute_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя атрибута
<code>ordinal_position</code>	<code>cardinal_number</code>	Порядковый номер атрибута внутри типа данных (нумерация начинается с 1)
<code>attribute_default</code>	<code>character_data</code>	Выражение по умолчанию для атрибута
<code>is_nullable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если атрибут может содержать NULL, или NO, если он не принимает NULL
<code>data_type</code>	<code>character_data</code>	Тип данных атрибута, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению <code>element_types</code>), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в <code>attribute_udt_name</code> и связанных столбцах).
<code>character_maximum_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; NULL для всех других типов данных, либо если максимальная длина не объявлена.
<code>character_octet_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); NULL для всех других типов данных. Максимальный размер в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.

Имя	Тип данных	Описание
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей правило сортировки атрибута (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных атрибута несортируемый
collation_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей правило сортировки атрибута, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных атрибута несортируемый
collation_name	sql_identifier	Имя правила сортировки атрибута, либо NULL, если это правило по умолчанию или атрибут несортируемый
numeric_precision	cardinal_number	Если в data_type указан числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для этого атрибута. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_precision_radix	cardinal_number	Если в data_type указан числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах numeric_precision и numeric_scale. Возможные варианты: 2 или 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_scale	cardinal_number	Если в data_type указан точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа для этого атрибута. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он

Имя	Тип данных	Описание
		может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу <code>numeric_precision_radix</code> . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
<code>datetime_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа этого атрибута, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
<code>interval_type</code>	<code>character_data</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в этом атрибуте, например: <code>YEAR TO MONTH</code> , <code>DAY TO SECOND</code> и т. д. Если ограничения для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
<code>interval_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле <code>datetime_precision</code> , определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
<code>attribute_udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён тип данных атрибута (всегда текущая база)
<code>attribute_udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, в которой определён тип данных атрибута
<code>attribute_udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа данных атрибута
<code>scope_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>scope_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>scope_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>maximum_cardinality</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных столбца, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к таблице. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
is_derived_reference_attribute	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL.

Обратитесь также к описанию Раздел 37.16, представлению с похожей структурой, за дополнительной информацией о некоторых столбцах.

37.7. character_sets

Представление `character_sets` описывает наборы символов, доступные в текущей базе данных. Так как PostgreSQL не поддерживает несколько наборов символов в одной базе данных, этот набор показывает только один набор, соответствующий кодировке базы.

Примите к сведению следующие термины, принятые в стандарте SQL:

совокупность символов

Абстрактная коллекция символов, например `UNICODE`, `UCS` или `LATIN1`. Не существует в виде SQL-объекта, но показывается в этом представлении.

форма кодировки символов

Кодировка некоторой совокупности символов. Для большинства устаревших совокупностей используется только одна кодировка, так что эта кодировка не имеет отдельного имени (например, `LATIN1` — форма кодировки, применимая к совокупности `LATIN1`). Но например, `Unicode` имеет формы кодировки `UTF8`, `UTF16` и т. д. (не все они поддерживаются в PostgreSQL). Формы кодировки не существуют в виде SQL-объектов, но показываются в этом представлении.

набор символов

Именованный SQL-объект, определяющий совокупность и кодировку символов, а также правило сортировки по умолчанию. Предопределённый набор символов обычно называется так же, как форма кодировки, но пользователи могут определить другие имена. Например, набору символов `UTF8` обычно соответствует совокупность символов `UCS`, форма кодировки `UTF8` и некоторое правило сортировки по умолчанию.

Вы можете считать, что «кодировка» в PostgreSQL определяет набор или форму кодировки символов. Она имеет такое же имя и может быть только одной в определённой базе.

Таблица 37.5. Столбцы `character_sets`

Имя	Тип данных	Описание
character_set_catalog	sql_identifier	Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL.

Имя	Тип данных	Описание
character_set_schema	sql_identifier	Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL.
character_set_name	sql_identifier	Имя набора символов, в настоящее время в качестве этого имени показывается имя кодировки базы данных
character_repertoire	sql_identifier	Совокупность символов — UCS для кодировки UTF8, либо просто имя кодировки
form_of_use	sql_identifier	Форма кодировки символов, то же, что и кодировка базы данных
default_collate_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей правило сортировки по умолчанию (всегда текущая база, если это правило установлено)
default_collate_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей правило сортировки по умолчанию
default_collate_name	sql_identifier	Имя правила сортировки по умолчанию. Правил сортировки по умолчанию считается правило, соответствующее параметрам COLLATE и TYPE текущей базы данных. Если такого правила нет, данный столбец и связанные столбцы схемы и каталога содержат NULL.

37.8. check_constraint_routine_usage

Представление `check_constraint_routine_usage` описывает подпрограммы (функции и процедуры), участвующие в проверках ограничений. В нём показываются только те подпрограммы, которые принадлежат текущей активной роли.

Таблица 37.6. Столбцы `check_constraint_routine_usage`

Имя	Тип данных	Описание
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения
specific_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей функцию
specific_name	sql_identifier	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.

37.9. check_constraints

Представление `check_constraints` показывает все ограничения-проверки, либо определённые для таблицы или домена, либо принадлежащие текущей активной роли. (Владелец таблицы или домена является владельцем ограничения.)

Таблица 37.7. Столбцы `check_constraints`

Имя	Тип данных	Описание
<code>constraint_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
<code>constraint_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей ограничение
<code>constraint_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя ограничения
<code>check_clause</code>	<code>character_data</code>	Выражение проверки для ограничения

37.10. collations

Представление `collations` показывает правила сортировки, доступные в текущей базе данных.

Таблица 37.8. Столбцы `collations`

Имя	Тип данных	Описание
<code>collation_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей правило сортировки (всегда текущая база)
<code>collation_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей правило сортировки
<code>collation_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя правила сортировки
<code>pad_attribute</code>	<code>character_data</code>	Всегда NO PAD (Альтернативный вариант PAD SPACE в PostgreSQL не поддерживается.)

37.11. collation_character_set_applicability

Представление `collation_character_set_applicability` показывает, к каким наборам символов применимы доступные правила сортировки. В PostgreSQL в базе данных может быть только один набор символов (см. описание в Разделе 37.7), так что это представление даёт не так много полезной информации.

Таблица 37.9. Столбцы `collation_character_set_applicability`

Имя	Тип данных	Описание
<code>collation_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей правило сортировки (всегда текущая база)
<code>collation_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей правило сортировки
<code>collation_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя правила сортировки
<code>character_set_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL

Имя	Тип данных	Описание
character_set_schema	sql_identifier	Наборы символов в настоящее время не представлены в виде объектов схемы, так что этот столбец содержит NULL
character_set_name	sql_identifier	Имя набора символов

37.12. column_domain_usage

Представление `column_domain_usage` описывает все столбцы (таблиц или представлений), которые используют какие-либо домены, определённые в базе данных и принадлежащие текущей активной роли.

Таблица 37.10. Столбцы `column_domain_usage`

Имя	Тип данных	Описание
domain_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
domain_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей домен
domain_name	sql_identifier	Имя домена
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу
table_name	sql_identifier	Имя таблицы
column_name	sql_identifier	Имя столбца

37.13. column_options

Представление `column_options` показывает все параметры, определённые для столбцов сторонней таблицы в текущей базе данных. В нём отражаются только те столбцы сторонних таблиц, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.11. Столбцы `column_options`

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей стороннюю таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу
table_name	sql_identifier	Имя сторонней таблицы
column_name	sql_identifier	Имя столбца
option_name	sql_identifier	Имя параметра
option_value	character_data	Значение параметра

37.14. column_privileges

Представление `column_privileges` описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для столбцов. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации столбца, праводателя и правообладателя.

Если право даётся для всей таблицы, оно будет показываться как право для каждого столбца, но только для типов прав, применимых к столбцам: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `REFERENCES`.

Таблица 37.12. Столбцы `column_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
<code>grantor</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, давшей право (право-датель)
<code>grantee</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей таблицу с этим столбцом (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей таблицу с этим столбцом
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя таблицы с этим столбцом
<code>column_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя столбца
<code>privilege_type</code>	<code>character_data</code>	Тип права: <code>SELECT</code> , <code>INSERT</code> , <code>UPDATE</code> или <code>REFERENCES</code>
<code>is_grantable</code>	<code>yes_or_no</code>	<code>YES</code> , если право может передаваться, или <code>NO</code> в противном случае

37.15. `column_udt_usage`

Представление `column_udt_usage` описывает все столбцы, которые используют типы данных, принадлежащие текущей активной роли. Заметьте, что в PostgreSQL встроенные типы данных не отличаются от определённых пользователем, так что в этом представлении выводятся и они. За подробностями обратитесь к Разделу 37.16.

Таблица 37.13. Столбцы `column_udt_usage`

Имя	Тип данных	Описание
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа данных столбца (если применимо, нижележащий тип домена)
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей таблицу
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя таблицы
<code>column_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя столбца

37.16. `columns`

Представление `columns` содержит информацию обо всех столбцах таблиц (или столбцах представлений) в базе данных. Системные столбцы (`oid` и т. д.) в нём не отображаются. В нём показываются

только те столбцы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.14. Столбцы columns

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу
table_name	sql_identifier	Имя таблицы
column_name	sql_identifier	Имя столбца
ordinal_position	cardinal_number	Порядковый номер столбца в таблице (нумерация начинается с 1)
column_default	character_data	Выражение по умолчанию для столбца
is_nullable	yes_or_no	YES, если столбец может содержать NULL, или NO, если он не принимает NULL. Не будет принимать NULL столбец с ограничением не-NULL, но возможны и другие варианты.
data_type	character_data	Тип данных столбца, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению element_types), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в udt_name и связанных столбцах). Если столбец основан на домене, данный столбец показывает нижележащий тип домена (а сам домен показывается в domain_name и связанных столбцах).
character_maximum_length	cardinal_number	Если в data_type указан тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; NULL для всех других типов данных, либо если максимальная длина не объявлена.
character_octet_length	cardinal_number	Если в data_type указан тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); NULL для всех других типов данных. Максимальный размер в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.

Имя	Тип данных	Описание
numeric_precision	cardinal_number	Если в data_type указан числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для целевого столбца. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_precision_radix	cardinal_number	Если в data_type указан числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах numeric_precision и numeric_scale . Возможные варианты: 2 или 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_scale	cardinal_number	Если в data_type указан точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный или неявный) типа для целевого столбца. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
datetime_precision	cardinal_number	Если в data_type указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа для целевого столбца, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
interval_type	character_data	Если в data_type указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в целевом столбце, например: YEAR TO MONTH, DAY TO SECOND и т. д. Если ограничения

Имя	Тип данных	Описание
		для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
interval_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле <code>datetime_precision</code> , определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей правило сортировки столбца (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
collation_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей правило сортировки столбца, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
collation_name	sql_identifier	Имя правила сортировки столбца, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип данных столбца несортируемый
domain_catalog	sql_identifier	Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя базы данных, в которой определён домен (всегда текущая база), иначе NULL.
domain_schema	sql_identifier	Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя схемы, в которой определён домен, иначе NULL.
domain_name	sql_identifier	Если целевой столбец имеет тип домена, этот столбец содержит имя домена, иначе NULL.
udt_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определён тип (если применимо, нижележащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, в которой определён тип (если применимо, ниже-

Имя	Тип данных	Описание
		лежащий тип домена) столбца (всегда текущая база)
udt_name	sql_identifier	Имя типа данных столбца (если применимо, нижележащий тип домена)
scope_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
maximum_cardinality	cardinal_number	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных столбца, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к таблице. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
is_self_referencing	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
is_identity	yes_or_no	Если целевой столбец является столбцом идентификации, значение YES, иначе — NO.
identity_generation	character_data	Если целевой столбец является столбцом идентификации, значение ALWAYS или BY DEFAULT, отражающее определение столбца.
identity_start	character_data	Если целевой столбец является столбцом идентификации, начальное значение внутренней последовательности, иначе — NULL.
identity_increment	character_data	Если целевой столбец является столбцом идентификации, шаг внутренней последовательности, иначе — NULL.
identity_maximum	character_data	Если целевой столбец является столбцом идентификации, максимальное значение внутрен-

Имя	Тип данных	Описание
		ней последовательности, иначе — NULL.
identity_minimum	character_data	Если целевой столбец является столбцом идентификации, минимальное значение внутренней последовательности, иначе — NULL.
identity_cycle	yes_or_no	Если целевой столбец является столбцом идентификации, YES показывает, что внутренняя последовательность закикливается, NO — не закикливается, иначе — NULL.
is_generated	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
generation_expression	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
is_updatable	yes_or_no	YES, если столбец допускает изменение, или NO в противном случае (столбцы в базовых таблицах всегда изменяемые, но в представлениях — не обязательно)

Так как типы данных могут определяться в SQL множеством способов и PostgreSQL добавляет дополнительные варианты, представление типов в информационной схеме может быть довольно сложным. Столбец `data_type` предназначен для идентификации нижележащего встроенного типа столбца. В PostgreSQL это означает, что данный тип определён в схеме системного каталога `pg_catalog`. Этот столбец может быть полезным, если приложение способно особым образом воспринимать встроенные типы (например, форматировать числовые типы по-другому или задействовать данные в столбцах точности). Столбцы `udt_name`, `udt_schema` и `udt_catalog` всегда указывают на нижележащий тип данных столбца, даже если столбец основан на домене. (Так как в PostgreSQL встроенные типы не отличаются от определённых пользователем, в этом представлении выводятся и они. Это расширение стандарта SQL.) Эти столбцы должны учитываться, когда приложению нужно обрабатывать данные в зависимости от типа, так как в этом случае не важно, основан ли столбец на домене. Если столбец основан на домене, на него указывают столбцы `domain_name`, `domain_schema` и `domain_catalog`. Если вы хотите связать столбцы с их типами данных и обработать домены как отдельные типы, вы можете записать `coalesce(domain_name, udt_name)` и т. п.

37.17. constraint_column_usage

Представление `constraint_column_usage` описывает все столбцы в текущей базе данных, связанные с некоторым ограничением. В нём показываются только столбцы таблиц, принадлежащих текущей активной роли. Для ограничений-проверок это представление содержит столбцы, задействованные в выражении проверки. Для ограничений внешнего ключа оно содержит столбцы, на которые ссылается внешний ключ, а для ограничений уникальности или первичного ключа — ограничиваемые столбцы.

Таблица 37.15. Столбцы `constraint_column_usage`

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, задейство-

Имя	Тип данных	Описание
		ванным в некотором ограничении (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в некотором ограничении
table_name	sql_identifier	Имя таблицы со столбцом, задействованным в некотором ограничении
column_name	sql_identifier	Имя столбца, задействованного в некотором ограничении
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения

37.18. constraint_table_usage

Представление `constraint_table_usage` описывает все таблицы в текущей базе данных, связанные с некоторым ограничением и принадлежащие текущей активной роли. (Это отличается от представления `table_constraints`, в котором показываются все ограничения таблиц с таблицами, для которых они определены.) Для ограничений внешнего ключа это представление показывает таблицу, на которую ссылается ограничение. Для ограничений уникальности или первичного ключа в этом представлении показывается таблица, которой принадлежит ограничение. Ограничения-проверки и ограничения не-NULL в нём не отражаются.

Таблица 37.16. Столбцы `constraint_table_usage`

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, которая содержит таблицу, задействованную некоторым ограничением (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, которая содержит таблицу, задействованную некоторым ограничением
table_name	sql_identifier	Имя таблицы, задействованной некоторым ограничением
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения

37.19. data_type_privileges

Представление `data_type_privileges` описывает все дескрипторы типов данных, к которым имеет доступ текущий пользователь, являясь их владельцем или имея некоторые права для них. Дескриптор типа данных формируется, когда тип данных задействуется в определении столбца таблицы, домена или функции (в качестве типа параметра или результата), и хранит некоторую информацию

о том, как этот тип используется в данном случае (например, объявленную максимальную длину, если это применимо). Каждому дескриптору типа данных назначается уникальный идентификатор, уникальный среди всех дескрипторов типов, назначаемых одному объекту (таблица, домен, функция). Это представление, вероятно, не полезно для приложений, но на его базе определены некоторые другие представления в информационной схеме.

Таблица 37.17. Столбцы `data_type_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
<code>object_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей описываемый объект (всегда текущая база)
<code>object_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей описываемый объект
<code>object_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя описываемого объекта
<code>object_type</code>	<code>character_data</code>	Тип описываемого объекта: <code>TABLE</code> (дескриптор типа данных относится к столбцу этой таблицы), <code>DOMAIN</code> (дескриптор типа данных относится к домену) или <code>ROUTINE</code> (дескриптор типа данных относится к типу данных параметра или результата функции).
<code>dtd_identifier</code>	<code>sql_identifier</code>	Идентификатор дескриптора типа данных, уникальный среди дескрипторов типов для этого же объекта.

37.20. `domain_constraints`

Представление `domain_constraints` показывает все ограничения, принадлежащие доменам, определённым в текущей базе данных. В нём отражаются только те домены, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.18. Столбцы `domain_constraints`

Имя	Тип данных	Описание
<code>constraint_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
<code>constraint_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей ограничение
<code>constraint_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя ограничения
<code>domain_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
<code>domain_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей домен
<code>domain_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя домена
<code>is_deferrable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если ограничение откладываемое, или NO в противном случае
<code>initially_deferred</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если ограничение откладываемое и отложенное изначально, или NO в противном случае

37.21. domain_udt_usage

Представление `domain_udt_usage` описывает все домены, которые используют типы данных, принадлежащие текущей активной роли. Заметьте, что в PostgreSQL встроенные типы данных не отличаются от определённых пользователем, так что в этом представлении выводятся и они.

Таблица 37.19. Столбцы `domain_udt_usage`

Имя	Тип данных	Описание
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён тип данных домена (всегда текущая база)
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, в которой определён тип данных домена
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа данных домена
<code>domain_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
<code>domain_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей домен
<code>domain_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя домена

37.22. domains

Представление `domains` показывает все домены, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те домены, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.20. Столбцы `domains`

Имя	Тип данных	Описание
<code>domain_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей домен (всегда текущая база)
<code>domain_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей домен
<code>domain_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя домена
<code>data_type</code>	<code>character_data</code>	Тип данных домена, если это встроенный тип, либо <code>ARRAY</code> , если это массив (в этом случае обратитесь к представлению <code>element_types</code>), иначе — <code>USER-DEFINED</code> (в этом случае тип определяется в <code>udt_name</code> и связанных столбцах).
<code>character_maximum_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Если домен имеет тип текстовой или битовой строки, это поле задаёт её объявленную максимальную длину; <code>NULL</code> для всех других типов данных, или если максимальная длина не объявлена.
<code>character_octet_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Если домен имеет тип символьной строки, это поле задаёт её максимально возможный размер в октетах (байтах); <code>NULL</code> для всех других типов данных. Максимальный размер

Имя	Тип данных	Описание
		в октетах зависит от объявленной максимальной длины в символах (см. выше) и от кодировки сервера.
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей правило сортировки домена (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
collation_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей правило сортировки домена, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
collation_name	sql_identifier	Имя правила сортировки домена, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип домена несортируемый
numeric_precision	cardinal_number	Если домен имеет числовой тип, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа для этого домена. Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу numeric_precision_radix . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_precision_radix	cardinal_number	Если домен имеет числовой тип, в этом столбце определяется, по какому основанию задаются значения в столбцах numeric_precision и numeric_scale . Возможные варианты: 2 и 10. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
numeric_scale	cardinal_number	Если домен имеет точный числовой тип, этот столбец содержит масштаб (объявленный

Имя	Тип данных	Описание
		или неявный) типа для этого домена. Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу <code>numeric_precision_radix</code> . Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
<code>datetime_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип даты, времени, отметки времени или интервала, этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) в долях секунды типа для этого домена, то есть число десятичных цифр, сохраняемых после десятичной точки в значении секунд. Для всех других типов данных этот столбец содержит NULL.
<code>interval_type</code>	<code>character_data</code>	Если в <code>data_type</code> указан тип интервала, этот столбец определяет, какие поля принимает интервал в домене, например: <code>YEAR TO MONTH</code> , <code>DAY TO SECOND</code> и т. д. Если ограничения для полей не заданы (то есть, интервал принимает все поля), и для любых других типов данных это поле содержит NULL.
<code>interval_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (см. поле <code>datetime_precision</code> , определяющее точность в долях секунды для типов интервалов)
<code>domain_default</code>	<code>character_data</code>	Выражение по умолчанию для домена
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён тип данных домена (всегда текущая база)
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, в которой определён тип данных домена
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа данных домена
<code>scope_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>scope_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
maximum_cardinality	cardinal_number	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных целевого домена, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к домену (что тривиально, так как домен содержит только один дескриптор типа). Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)

37.23. element_types

Представление `element_types` показывает дескрипторы типов элементов массива. Когда столбец таблицы, атрибут составного типа, параметр или результат функции объявлены с типом массива, соответствующее представление информационной схемы будет содержать только `ARRAY` в столбце `data_type`. Чтобы получить информацию о типе элемента массива, можно связать соответствующее представление с данным. Например, просмотреть столбцы таблицы с типами данных и типами элементов массива (если это применимо) можно так:

```
SELECT c.column_name, c.data_type, e.data_type AS element_type
FROM information_schema.columns c LEFT JOIN information_schema.element_types e
    ON ((c.table_catalog, c.table_schema, c.table_name, 'TABLE', c.dtd_identifier)
        = (e.object_catalog, e.object_schema, e.object_name, e.object_type,
            e.collection_type_identifier))
WHERE c.table_schema = '...' AND c.table_name = '...'
ORDER BY c.ordinal_position;
```

Это представление показывает только те объекты, к которым имеет доступ текущий пользователь, являясь владельцем или имея некоторые права.

Таблица 37.21. Столбцы `element_types`

Имя	Тип данных	Описание
object_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей объект, связанный с описываемым массивом (всегда текущая база)
object_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей объект, связанный с описываемым массивом
object_name	sql_identifier	Имя объекта, связанного с описываемым массивом
object_type	character_data	Тип объекта, связанного с описываемым массивом: <code>TABLE</code> (массив задействован в столб-

Имя	Тип данных	Описание
		це этой таблицы), USER-DEFINED TYPE (массив задействован в атрибуте составного типа), DOMAIN (массив задействован в домене), ROUTINE (массив задействован в типе данных параметра или результата функции).
collection_type_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных для описываемого массива. Его можно использовать для соединения со столбцами dtd_identifier других представлений информационной схемы.
data_type	character_data	Тип данных элементов массива, если это встроенный тип, либо USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в udt_name и связанных столбцах).
character_maximum_length	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
character_octet_length	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей правило сортировки типа элемента (это всегда текущая база), либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый
collation_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей правило сортировки типа элемента, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый
collation_name	sql_identifier	Имя правила сортировки типа элемента, либо NULL, если это правило по умолчанию или тип элемента несортируемый

Имя	Тип данных	Описание
numeric_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
numeric_precision_radix	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
numeric_scale	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
datetime_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
interval_type	character_data	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
interval_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация неприменима к типам элементов массива в PostgreSQL
domain_default	character_data	Ещё не реализовано
udt_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определён тип данных элемента (всегда текущая база)
udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, в которой определён тип данных элемента
udt_name	sql_identifier	Имя типа данных элемента
scope_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
maximum_cardinality	cardinal_number	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных элемента. В настоящее время бесполезен.

37.24. enabled_roles

Представление `enabled_roles` описывает «доступные роли». Список доступных ролей рекурсивно определяется как роль текущего пользователя плюс роли, данные доступным ролям, с автомати-

ческим наследованием. Другими словами, это роли, которые даны текущему пользователю непосредственно или косвенно, посредством автоматического наследования.

Для проверки разрешений применяется набор «применимых ролей», который может быть шире набора доступных ролей. Поэтому в общем случае вместо этого представления лучше использовать представление `applicable_roles` (оно описывается в `getmap="6"` Раздел 37.5).

Таблица 37.22. Столбцы `enabled_roles`

Имя	Тип данных	Описание
<code>role_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя целевой роли

37.25. `foreign_data_wrapper_options`

Представление `foreign_data_wrapper_options` показывает все параметры, определённые для обёрток сторонних данных в текущей базе. В нём отражаются только те обёртки сторонних данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.23. Столбцы `foreign_data_wrapper_options`

Имя	Тип данных	Описание
<code>foreign_data_wrapper_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных (всегда текущая база)
<code>foreign_data_wrapper_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя обёртки сторонних данных
<code>option_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя параметра
<code>option_value</code>	<code>character_data</code>	Значение параметра

37.26. `foreign_data_wrappers`

Представление `foreign_data_wrappers` показывает все обёртки сторонних данных, определённые в текущей базе. В нём показываются только те обёртки сторонних данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.24. Столбцы `foreign_data_wrappers`

Имя	Тип данных	Описание
<code>foreign_data_wrapper_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных (всегда текущая база)
<code>foreign_data_wrapper_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя обёртки сторонних данных
<code>authorization_identifier</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя владельца стороннего сервера
<code>library_name</code>	<code>character_data</code>	Имя файла библиотеки, реализующей эту обёртку сторонних данных
<code>foreign_data_wrapper_language</code>	<code>character_data</code>	Язык, на котором реализована эта обёртка сторонних данных

37.27. `foreign_server_options`

Представление `foreign_server_options` показывает все параметры, определённые для сторонних серверов в текущей базе данных. В нём отражаются только те сторонние серверы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.25. Столбцы `foreign_server_options`

Имя	Тип данных	Описание
<code>foreign_server_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
<code>foreign_server_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя стороннего сервера
<code>option_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя параметра
<code>option_value</code>	<code>character_data</code>	Значение параметра

37.28. `foreign_servers`

Представление `foreign_servers` показывает все сторонние серверы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те сторонние серверы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.26. Столбцы `foreign_servers`

Имя	Тип данных	Описание
<code>foreign_server_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
<code>foreign_server_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя стороннего сервера
<code>foreign_data_wrapper_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определена обёртка сторонних данных, используемая сторонним сервером (всегда текущая база)
<code>foreign_data_wrapper_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя обёртки сторонних данных, используемой сторонним сервером
<code>foreign_server_type</code>	<code>character_data</code>	Информация о типе стороннего сервера, если она была указана при его создании
<code>foreign_server_version</code>	<code>character_data</code>	Информация о версии стороннего сервера, если она была указана при его создании
<code>authorization_identifier</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя владельца стороннего сервера

37.29. `foreign_table_options`

Представление `foreign_table_options` показывает все параметры, определённые для сторонних таблиц в текущей базе данных. В нём отражаются только те сторонние таблицы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.27. Столбцы `foreign_table_options`

Имя	Тип данных	Описание
<code>foreign_table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей стороннюю таблицу (всегда текущая база)
<code>foreign_table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу

Имя	Тип данных	Описание
foreign_table_name	sql_identifier	Имя сторонней таблицы
option_name	sql_identifier	Имя параметра
option_value	character_data	Значение параметра

37.30. foreign_tables

Представление `foreign_tables` показывает все сторонние таблицы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те сторонние таблицы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.28. Столбцы `foreign_tables`

Имя	Тип данных	Описание
foreign_table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определена сторонняя таблица (всегда текущая база)
foreign_table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей стороннюю таблицу
foreign_table_name	sql_identifier	Имя сторонней таблицы
foreign_server_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер (всегда текущая база)
foreign_server_name	sql_identifier	Имя стороннего сервера

37.31. key_column_usage

Представление `key_column_usage` описывает все столбцы в текущей базе, с которыми связано какое-либо ограничение уникальности, либо ограничение первичного или внешнего ключа. Ограничения-проверки в этом представлении не показываются. В нём показываются только те столбцы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.29. Столбцы `key_column_usage`

Имя	Тип данных	Описание
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, подчиняющимся этому ограничению (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, подчиняющимся этому ограничению
table_name	sql_identifier	Имя таблицы со столбцом, подчиняющимся этому ограничению
column_name	sql_identifier	Имя столбца, подчиняющегося этому ограничению

Имя	Тип данных	Описание
ordinal_position	cardinal_number	Порядковый номер столбца в ключе ограничения (нумерация начинается с 1)
position_in_unique_constraint	cardinal_number	Для ограничения внешнего ключа это порядковый номер целевого столбца в его ограничении уникальности (нумерация начинается с 1); в противном случае NULL

37.32. parameters

Представление `parameters` содержит информацию о параметрах (аргументах) всех функций в текущей базе данных. В нём отражаются только функции, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.30. Столбцы `parameters`

Имя	Тип данных	Описание
specific_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей функцию
specific_name	sql_identifier	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.
ordinal_position	cardinal_number	Порядковый номер параметра в списке аргументов функции (нумерация начинается с 1)
parameter_mode	character_data	IN для входного параметра, OUT для выходного, INOUT — для входного и выходного параметра.
is_result	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
as_locator	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
parameter_name	sql_identifier	Имя параметра, либо NULL, если параметр безымянный
data_type	character_data	Тип данных параметра, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обратитесь к представлению <code>element_types</code>), иначе — USER-DEFINED (в этом случае тип определяется в <code>udt_name</code> и связанных столбцах).
character_maximum_length	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
character_octet_length	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
collation_schema	sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
collation_name	sql_identifier	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
numeric_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
numeric_precision_radix	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
numeric_scale	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
datetime_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
interval_type	character_data	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
interval_precision	cardinal_number	Всегда NULL, так как эта информация не применима к типам параметров в PostgreSQL
udt_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определён тип данных параметра (всегда текущая база)
udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, в которой определён тип данных параметра
udt_name	sql_identifier	Имя типа данных параметра
scope_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
scope_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
maximum_cardinality	cardinal_number	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных параметра, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к функции. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
parameter_default	character_data	Выражение параметра по умолчанию, либо NULL, если такого выражения нет или функция не принадлежит текущей активной роли.

37.33. referential_constraints

Представление `referential_constraints` содержит все ссылочные ограничения (внешнего ключа) в текущей базе данных. В нём показываются только ограничения, в которых ссылающаяся таблица доступна текущему пользователю на запись (он является её владельцем или имеет не только право `SELECT`).

Таблица 37.31. Столбцы `referential_constraints`

Имя	Тип данных	Описание
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения
unique_constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение уникальности или первичный ключ, на которые ссылается ограничение внешнего ключа (всегда текущая база)
unique_constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение уникальности или первичный ключ, на которые ссы-

Имя	Тип данных	Описание
		дается ограничение внешнего ключа
unique_constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения уникальности или первичного ключа, на которые ссылается ограничение внешнего ключа
match_option	character_data	Тип совпадения для ограничения внешнего ключа: FULL, PARTIAL или NONE.
update_rule	character_data	Правило изменения для ограничения внешнего ключа: CASCADE, SET NULL, SET DEFAULT, RESTRICT или NO ACTION.
delete_rule	character_data	Правило удаления для ограничения внешнего ключа: CASCADE, SET NULL, SET DEFAULT, RESTRICT или NO ACTION.

37.34. role_column_grants

Представление `role_column_grants` описывает все назначенные для столбцов права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `column_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `column_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются столбцы, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 37.32. Столбцы `role_column_grants`

Имя	Тип данных	Описание
grantor	sql_identifier	Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу с этим столбцом (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу с этим столбцом
table_name	sql_identifier	Имя таблицы с этим столбцом
column_name	sql_identifier	Имя столбца
privilege_type	character_data	Тип права: SELECT, INSERT, UPDATE или REFERENCES
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

37.35. role_routine_grants

Представление `role_routine_grants` описывает все назначенные для функций права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `routine_privileges`. Единственное существенное отличие этого представле-

ния от `routine_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются функции, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 37.33. Столбцы `role_routine_grants`

Имя	Тип данных	Описание
<code>grantor</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, давшей право (праводатель)
<code>grantee</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
<code>specific_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
<code>specific_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей функцию
<code>specific_name</code>	<code>sql_identifier</code>	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.
<code>routine_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
<code>routine_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей функцию
<code>routine_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
<code>privilege_type</code>	<code>character_data</code>	Всегда <code>EXECUTE</code> (единственный тип прав для функций)
<code>is_grantable</code>	<code>yes_or_no</code>	<code>YES</code> , если право может передаваться, или <code>NO</code> в противном случае

37.36. `role_table_grants`

Представление `role_table_grants` описывает все назначенные для таблиц и представлений права, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `table_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `table_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются таблицы, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 37.34. Столбцы `role_table_grants`

Имя	Тип данных	Описание
<code>grantor</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, давшей право (праводатель)
<code>grantee</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей таблицу
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя таблицы
<code>privilege_type</code>	<code>character_data</code>	Тип права: <code>SELECT</code> , <code>INSERT</code> , <code>UPDATE</code> , <code>DELETE</code> , <code>TRUNCATE</code> , <code>REFERENCES</code> или <code>TRIGGER</code>

Имя	Тип данных	Описание
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае
with_hierarchy	yes_or_no	В стандарте SQL имеется отдельное подчинённое разрешение WITH HIERARCHY OPTION, позволяющее выполнять определённые операции в иерархии наследования таблиц. В PostgreSQL так действует право SELECT, так что в этом столбце выводится YES для права SELECT, а для других — NO.

37.37. role_udt_grants

Представление `role_udt_grants` предназначено для отображения прав `USAGE`, назначенных для пользовательских типов, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `udt_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `udt_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются объекты, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`. Так как с типами данных не связываются действующие права в PostgreSQL (только `PUBLIC` неявно даётся право их использования), это представление пустое.

Таблица 37.35. Столбцы `role_udt_grants`

Имя	Тип данных	Описание
grantor	sql_identifier	Имя роли, которая дала это право
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было дано это право
udt_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)
udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей тип
udt_name	sql_identifier	Имя типа
privilege_type	character_data	Всегда <code>TYPE USAGE</code>
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

37.38. role_usage_grants

Представление `role_usage_grants` описывает права `USAGE`, назначенные для объектов различных типов, в которых праводателем или правообладателем является текущая активная роль. Дополнительную информацию можно найти в `usage_privileges`. Единственное существенное отличие этого представления от `usage_privileges` состоит в том, что в данном представлении опускаются объекты, которые доступны текущему пользователю косвенно через роль `PUBLIC`.

Таблица 37.36. Столбцы `role_usage_grants`

Имя	Тип данных	Описание
grantor	sql_identifier	Имя роли, которая дала это право

Имя	Тип данных	Описание
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было дано это право
object_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей объект (всегда текущая база)
object_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей объект, если это применимо, иначе пустая строка
object_name	sql_identifier	Имя объекта
object_type	character_data	COLLATION или DOMAIN или FOREIGN DATA WRAPPER или FOREIGN SERVER или SEQUENCE
privilege_type	character_data	Всегда USAGE
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

37.39. routine_privileges

Представление `routine_privileges` описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для функций. Оно содержит отдельный столбец для каждой комбинации функции, праводателя и правообладателя.

Таблица 37.37. Столбцы `routine_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
grantor	sql_identifier	Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
specific_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей функцию
specific_name	sql_identifier	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.
routine_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
routine_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей функцию
routine_name	sql_identifier	Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
privilege_type	character_data	Всегда EXECUTE (единственный тип прав для функций)
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

37.40. routines

Представление `routines` отображает все функции и процедуры в текущей базе данных. В нём показываются только те функции и процедуры, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.38. Столбцы `routines`

Имя	Тип данных	Описание
<code>specific_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
<code>specific_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей функцию
<code>specific_name</code>	<code>sql_identifier</code>	«Однозначное имя» функции. Это имя однозначным образом идентифицирует функцию в схеме, даже если реальное имя функции перегружено. Формат однозначных имён не определён, так что его следует использовать только для сравнения с другими экземплярами однозначных имён подпрограмм.
<code>routine_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
<code>routine_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей функцию
<code>routine_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя функции (может дублироваться в случае перегрузки)
<code>routine_type</code>	<code>character_data</code>	FUNCTION для функций, PROCEDURE для процедур
<code>module_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>module_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>module_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>data_type</code>	<code>character_data</code>	Тип данных результата функции, если это встроенный тип, либо ARRAY, если это массив (в этом случае обрати-

Имя	Тип данных	Описание
		тес к представлению <code>element_types</code>), иначе — <code>USER-DEFINED</code> (в этом случае тип определяется в <code>type_udt_name</code> и связанных столбцах). Для процедуры данное поле содержит <code>NULL</code> .
<code>character_maximum_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>character_octet_length</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>character_set_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>character_set_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>character_set_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>collation_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>collation_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>collation_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>numeric_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>numeric_precision_radix</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>numeric_scale</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>datetime_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>interval_type</code>	<code>character_data</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>interval_precision</code>	<code>cardinal_number</code>	Всегда <code>NULL</code> , так как эта информация неприменима к типам результатов в PostgreSQL
<code>type_udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён тип данных результата функции (всегда текущая

Имя	Тип данных	Описание
		база). Для процедуры данное поле содержит NULL.
type_udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, в которой определён тип данных результата функции. Для процедуры данное поле содержит NULL.
type_udt_name	sql_identifier	Имя типа данных результата функции. Для процедуры данное поле содержит NULL.
scope_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
maximum_cardinality	cardinal_number	Всегда NULL, так как массивы имеют неограниченную максимальную ёмкость в PostgreSQL
dtd_identifier	sql_identifier	Идентификатор дескриптора типа данных результата функции, уникальный среди всех дескрипторов типов, относящихся к функции. Он в основном полезен для соединения с другими экземплярами таких идентификаторов. (Конкретный формат идентификатора не определён и не гарантируется, что он останется неизменным в будущих версиях.)
routine_body	character_data	Если функция написана на SQL, это поле содержит SQL, иначе EXTERNAL.
routine_definition	character_data	Исходный текст функции (NULL, если функция не принадлежит текущей активной роли). (Согласно стандарту SQL, этот столбец актуален, только если в routine_body указано SQL, но в PostgreSQL он будет содержать любой исходный текст, заданный при создании функции.)
external_name	character_data	Если это функция на C, этот столбец содержит внешнее имя (объектный символ) функции, иначе NULL. (Это будет то же значение, что содержит столбец routine_definition.)

Имя	Тип данных	Описание
external_language	character_data	Язык, на котором написана функция
parameter_style	character_data	Всегда GENERAL (В стандарте SQL определены и другие стили параметров, но в PostgreSQL они отсутствуют.)
is_deterministic	yes_or_no	Если функция объявлена как постоянная (IMMUTABLE) (в стандарте SQL она называется детерминированной), этот столбец содержит YES, иначе — NO. (Получить другие уровни переменности функций, имеющиеся в PostgreSQL, через информационную схему нельзя.)
sql_data_access	character_data	Всегда MODIFIES, что означает, что функция может модифицировать данные SQL. Для PostgreSQL эта информация бесполезна.
is_null_call	yes_or_no	Если функция автоматически возвращает NULL, когда один из аргументов NULL, этот столбец содержит YES, иначе — NO. Для процедуры он содержит NULL.
sql_path	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
schema_level_routine	yes_or_no	Всегда YES (Другое значение было бы у методов пользовательских типов, но в PostgreSQL их нет.)
max_dynamic_result_sets	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
is_user_defined_cast	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
is_implicitly_invocable	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
security_type	character_data	Если функция выполняется с правами вызывающего пользователя, этот столбец содержит INVOKER, а если с правами пользователя, создавшего её, то — DEFINER.
to_sql_specific_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
to_sql_specific_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
to_sql_specific_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
as_locator	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
created	time_stamp	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
last_altered	time_stamp	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
new_savepoint_level	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
is_udt_dependent	yes_or_no	В настоящее время всегда NO. Альтернативное значение YES связано с возможностями, отсутствующими в PostgreSQL.
result_cast_from_data_type	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_as_locator	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_char_max_length	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_char_octet_length	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_char_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_char_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_char_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_collation_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_collation_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
result_cast_collation_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_numeric_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_numeric_precision_radix	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_numeric_scale	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_datetime_precision	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_interval_type	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_interval_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_type_udt_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_type_udt_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_type_udt_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_scope_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_scope_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_scope_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_maximum_cardinality	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
result_cast_dtd_identifier	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

37.41. schemata

Представление `schemata` показывает все схемы в текущей базе данных, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.39. Столбцы schemata

Имя	Тип данных	Описание
catalog_name	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей схему (всегда текущая база)
schema_name	sql_identifier	Имя схемы
schema_owner	sql_identifier	Имя владельца схемы
default_character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
default_character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
default_character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
sql_path	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

37.42. sequences

Представление `sequences` показывает все последовательности, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те последовательности, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.40. Столбцы sequences

Имя	Тип данных	Описание
sequence_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей последовательность (всегда текущая база)
sequence_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей последовательность
sequence_name	sql_identifier	Имя последовательности
data_type	character_data	Тип данных последовательности.
numeric_precision	cardinal_number	Этот столбец содержит точность (объявленную или неявную) типа данных последовательности (см. выше). Точность определяет число значащих цифр. Она может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу <code>numeric_precision_radix</code> .
numeric_precision_radix	cardinal_number	Этот столбец определяет, по какому основанию задаются значения в столбцах <code>numeric_precision</code> и <code>numeric_scale</code> . Возможные варианты: 2 и 10.
numeric_scale	cardinal_number	Этот столбец содержит масштаб (объявленный или неяв-

Имя	Тип данных	Описание
		ный) типа данных последовательности (см. выше). Масштаб определяет число значащих цифр справа от десятичной точки. Он может выражаться в десятичных (по основанию 10) или двоичных (по основанию 2) цифрах, согласно столбцу <code>numeric_precision_radix</code> .
<code>start_value</code>	<code>character_data</code>	Начальное значение последовательности
<code>minimum_value</code>	<code>character_data</code>	Минимальное значение последовательности
<code>maximum_value</code>	<code>character_data</code>	Максимальное значение последовательности
<code>increment</code>	<code>character_data</code>	Шаг увеличения последовательности
<code>cycle_option</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если последовательность закичивается, или NO в противном случае

Заметьте, что, согласно стандарту SQL, начальное, минимальное, максимальное значение и шаг выдаются в виде символьных строк.

37.43. `sql_features`

Таблица `sql_features` содержит информацию о формальной функциональности, описанной в стандарте и поддерживаемой PostgreSQL. Эта же информация представлена в Приложении D. Там вы можете найти и дополнительные сведения.

Таблица 37.41. Столбцы `sql_features`

Имя	Тип данных	Описание
<code>feature_id</code>	<code>character_data</code>	Строка идентификатора функциональности
<code>feature_name</code>	<code>character_data</code>	Описательное название функциональности
<code>sub_feature_id</code>	<code>character_data</code>	Строка идентификатора подчинённой возможности, либо строка нулевой длины, если это не подчинённая возможность
<code>sub_feature_name</code>	<code>character_data</code>	Описательное название подчинённой возможности, либо строка нулевой длины, если это не подчинённая возможность
<code>is_supported</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если функциональность полностью поддерживается текущей версией PostgreSQL, либо NO в противном случае
<code>is_verified_by</code>	<code>character_data</code>	Всегда NULL, так как группа разработки PostgreSQL не проводит формальное тестирова-

Имя	Тип данных	Описание
		ние функционального соответствия
comments	character_data	Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии функциональности

37.44. sql_implementation_info

Таблица `sql_implementation_info` содержит информацию о различных аспектах, которые в стандарте SQL оставлены на усмотрение реализации. Эта информация в основном предназначена для применения в контексте интерфейса ODBC; пользователям других интерфейсов она вряд ли будет нужна. Поэтому отдельные элементы особенностей реализации здесь не описываются; о них можно прочитать в описании интерфейса ODBC.

Таблица 37.42. Столбцы `sql_implementation_info`

Имя	Тип данных	Описание
implementation_info_id	character_data	Строка идентификатора элемента особенности реализации
implementation_info_name	character_data	Описательное название элемента особенности реализации
integer_value	cardinal_number	Значение элемента особенности реализации, либо NULL, если его значение содержится в столбце <code>character_value</code>
character_value	character_data	Значение элемента особенности реализации, либо NULL, если его значение содержится в столбце <code>integer_value</code>
comments	character_data	Необязательный комментарий, относящийся к элементу особенности реализации

37.45. sql_languages

Таблица `sql_languages` содержит одну строку для каждой привязки языка SQL, поддерживаемой PostgreSQL. PostgreSQL поддерживает непосредственный SQL и SQL, встроенный в C; это всё, что можно получить из этой таблицы.

Эта таблица была исключена из стандарта SQL в версии SQL:2008, так что она не содержит записей, относящихся к стандартам новее SQL:2003.

Таблица 37.43. Столбцы `sql_languages`

Имя	Тип данных	Описание
sql_language_source	character_data	Имя источника определения языка; всегда ISO 9075, то есть стандарт SQL
sql_language_year	character_data	Год, в котором был одобрен стандарт, отмеченный в <code>sql_language_source</code>
sql_language_conformance	character_data	Уровень совместимости со стандартом для привязки языка. Для ISO 9075:2003 это всегда CORE.

Имя	Тип данных	Описание
sql_language_integrity	character_data	Всегда NULL (Это значение было актуально для более ранней версии стандарта SQL.)
sql_language_implementation	character_data	Всегда NULL
sql_language_binding_style	character_data	Стиль привязки языка: DIRECT или EMBEDDED
sql_language_programming_language	character_data	Язык программирования, если стиль привязки — EMBEDDED, иначе NULL. PostgreSQL поддерживает только язык C.

37.46. sql_packages

Таблица `sql_packages` содержит информацию о функциональных пакетах, определённых в стандарте SQL и поддерживаемых PostgreSQL. За дополнительными сведениями о функциональных пакетах обратитесь к Приложению D.

Таблица 37.44. Столбцы `sql_packages`

Имя	Тип данных	Описание
feature_id	character_data	Строка идентификатора пакета
feature_name	character_data	Описательное название пакета
is_supported	yes_or_no	YES, если пакет полностью поддерживается текущей версией PostgreSQL, либо NO в противном случае
is_verified_by	character_data	Всегда NULL, так как группа разработки PostgreSQL не проводит формальное тестирование функционального соответствия
comments	character_data	Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии пакета

37.47. sql_parts

Таблица `sql_parts` содержит информацию о различных частях стандарта SQL, поддерживаемых PostgreSQL.

Таблица 37.45. Столбцы `sql_parts`

Имя	Тип данных	Описание
feature_id	character_data	Строка идентификатора, содержащая номер части
feature_name	character_data	Описательное название части
is_supported	yes_or_no	YES, если часть полностью поддерживается текущей версией PostgreSQL, либо NO в противном случае
is_verified_by	character_data	Всегда NULL, так как группа разработки PostgreSQL не про-

Имя	Тип данных	Описание
		водит формальное тестирование функционального соответствия
comments	character_data	Необязательный комментарий о поддерживаемом состоянии части

37.48. sql_sizing

Таблица `sql_sizing` содержит информацию о различных ограничениях размера и максимальных значениях в PostgreSQL. Эта информация в основном предназначена для применения в контексте интерфейса ODBC; пользователям других интерфейсов она вряд ли будет нужна. Поэтому отдельные элементы размеров здесь не описываются; о них можно прочитать в описании интерфейса ODBC.

Таблица 37.46. Столбцы `sql_sizing`

Имя	Тип данных	Описание
sizing_id	cardinal_number	Идентификатор элемента размеров
sizing_name	character_data	Описательное название элемента размеров
supported_value	cardinal_number	Значение элемента размеров, или 0, если размер неограниченный или не может быть определён, либо NULL, если функциональность, к которой относится размер, не поддерживается
comments	character_data	Необязательный комментарий, относящийся к элементу размеров

37.49. sql_sizing_profiles

Таблица `sql_sizing_profiles` содержит информацию о значениях `sql_sizing`, которые требуются для различных профилей стандарта SQL. PostgreSQL не ориентируется на профили SQL, поэтому данная таблица пуста.

Таблица 37.47. Столбцы `sql_sizing_profiles`

Имя	Тип данных	Описание
sizing_id	cardinal_number	Идентификатор элемента размеров
sizing_name	character_data	Описательное название элемента размеров
profile_id	character_data	Строка идентификатора профиля
required_value	cardinal_number	Значение, которое требует профиль SQL для этого элемента размеров, или 0, если профиль не ограничивает данный элемент, либо NULL, если профиль не требует наличия функцио-

Имя	Тип данных	Описание
		нальности, для которой применим этот элемент
comments	character_data	Необязательный комментарий, относящийся к элементу размеров в профиле

37.50. table_constraints

Представление `table_constraints` показывает все ограничения, принадлежащие таблицам, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права, кроме `SELECT`).

Таблица 37.48. Столбцы `table_constraints`

Имя	Тип данных	Описание
constraint_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей ограничение (всегда текущая база)
constraint_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей ограничение
constraint_name	sql_identifier	Имя ограничения
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу
table_name	sql_identifier	Имя таблицы
constraint_type	character_data	Тип ограничения: CHECK, FOREIGN KEY, PRIMARY KEY или UNIQUE
is_deferrable	yes_or_no	YES, если ограничение откладываемое, или NO в противном случае
initially_deferred	yes_or_no	YES, если ограничение откладываемое и отложенное изначально, или NO в противном случае
enforced	yes_or_no	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL (в настоящее время всегда равно YES)

37.51. table_privileges

Представление `table_privileges` описывает все права, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для таблиц и представлений. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации таблицы, праводателя и правообладателя.

Таблица 37.49. Столбцы `table_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
grantor	sql_identifier	Имя роли, давшей право (праводатель)
grantee	sql_identifier	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу
table_name	sql_identifier	Имя таблицы
privilege_type	character_data	Тип права: SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE, TRUNCATE, REFERENCES или TRIGGER
is_grantable	yes_or_no	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае
with_hierarchy	yes_or_no	В стандарте SQL имеется отдельное подчинённое разрешение WITH HIERARCHY OPTION, позволяющее выполнять определённые операции в иерархии наследования таблиц. В PostgreSQL так действует право SELECT, так что в этом столбце выводится YES для права SELECT, а для других — NO.

37.52. tables

Представление `tables` показывает все таблицы и представления, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те таблицы и представления, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь их владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.50. Столбцы `tables`

Имя	Тип данных	Описание
table_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу (всегда текущая база)
table_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу
table_name	sql_identifier	Имя таблицы
table_type	character_data	Тип таблицы: BASE TABLE для постоянных базовых таблиц (таблиц обычного типа), VIEW для представлений, FOREIGN для сторонних таблиц, либо LOCAL TEMPORARY для временных таблиц
self_referencing_column_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
reference_generation	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
user_defined_type_catalog	sql_identifier	Если таблица является типизированной, это имя базы данных, содержащей нижележащий тип

Имя	Тип данных	Описание
		данных (всегда текущая база), иначе NULL.
user_defined_type_schema	sql_identifier	Если таблица является типизированной, это имя схемы, содержащей нижележащий тип данных, иначе NULL.
user_defined_type_name	sql_identifier	Если таблица является типизированной, это имя типа данных, иначе NULL.
is_insertable_into	yes_or_no	YES, если в эту таблицу можно добавлять данные, или NO в противном случае (Базовые таблицы всегда допускают добавление данных, но представления — не обязательно.)
is_typed	yes_or_no	YES, если эта таблица является типизированной, иначе NO
commit_action	character_data	Ещё не реализовано

37.53. transforms

Представление `transforms` содержит информацию о трансформациях, определённых в текущей базе данных. Более точно, оно содержит строку для каждой функции, задействованной в трансформации (функцию «из SQL» или «в SQL»).

Таблица 37.51. Столбцы `transforms`

Имя	Тип данных	Описание
udt_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей тип, для которого предназначена трансформация (всегда текущая база)
udt_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей тип, для которого предназначена трансформация
udt_name	sql_identifier	Имя типа, для которого предназначена трансформация
specific_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
specific_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей функцию
specific_name	sql_identifier	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.
group_name	sql_identifier	Стандарт SQL позволяет определять «группы» трансформаций и выбирать группу во время выполнения. PostgreSQL это не поддерживает. Вместо этого трансформации привязываются к языкам. В качестве компромисса со стандартом, это по-

Имя	Тип данных	Описание
		ле содержит язык, для которого предназначена трансформация.
transform_type	character_data	FROM SQL или TO SQL

37.54. triggered_update_columns

Для триггеров в текущей базе данных, установленных для списка столбцов (например, UPDATE OF column1, column2), представление `triggered_update_columns` показывает эти столбцы. Триггеры, для которых не задаётся список столбцов, в этом представлении не отражаются. В нём показыва-ются только столбцы, доступные текущему пользователю (как владельцу или имеющему некото-рые права, кроме SELECT).

Таблица 37.52. Столбцы `triggered_update_columns`

Имя	Тип данных	Описание
trigger_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей триггер (всегда текущая база)
trigger_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей триггер
trigger_name	sql_identifier	Имя триггера
event_object_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу, для которой определён триггер (всегда текущая база)
event_object_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей табли-цу, для которой определён триггер
event_object_table	sql_identifier	Имя таблицы, для которой опре-делён триггер
event_object_column	sql_identifier	Имя столбца, для которого определён триггер

37.55. triggers

Представление `triggers` показывает все триггеры, определённые в текущей базе данных для таб-лиц и представлений, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права, кроме SELECT).

Таблица 37.53. Столбцы `triggers`

Имя	Тип данных	Описание
trigger_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей триггер (всегда текущая база)
trigger_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей триггер
trigger_name	sql_identifier	Имя триггера
event_manipulation	character_data	Событие, вызывающие срабаты-вание триггера (INSERT, UPDATE или DELETE)
event_object_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, содержащей таблицу, для которой определён триггер (всегда текущая база)

Имя	Тип данных	Описание
event_object_schema	sql_identifier	Имя схемы, содержащей таблицу, для которой определён триггер
event_object_table	sql_identifier	Имя таблицы, для которой определён триггер
action_order	cardinal_number	Порядок срабатывания триггеров, имеющих одинаковые свойства event_manipulation , action_timing и action_orientation . В PostgreSQL триггеры срабатывают по порядку их имён, что и отражается в этом столбце.
action_condition	character_data	Условие WHEN триггера, либо NULL, если его нет (так же NULL, если таблица не принадлежит текущей активной роли)
action_statement	character_data	Оператор, выполняемый триггером (в настоящее время всегда EXECUTE FUNCTION функция(...))
action_orientation	character_data	Определяет, срабатывает ли триггер для каждой обрабатываемой строки или только для каждого оператора (ROW или STATEMENT)
action_timing	character_data	Момент срабатывания триггера (BEFORE (до), AFTER (после) или INSTEAD OF (вместо))
action_reference_old_table	sql_identifier	Имя «старой» переходной таблицы либо NULL, если её нет
action_reference_new_table	sql_identifier	Имя «новой» переходной таблицы либо NULL, если её нет
action_reference_old_row	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
action_reference_new_row	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
created	time_stamp	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Триггеры в PostgreSQL несовместимы со стандартом в двух аспектах, которые влияют на их представление в информационной схеме. Во-первых, имена триггеров являются локальными для каждой таблицы в PostgreSQL, а не независимыми объектами схемы. Таким образом, в одной схеме могут быть дублирующиеся имена триггеров, если они принадлежат разным таблицам. (Значения trigger_catalog и trigger_schema на самом деле относятся к таблице, для которой определён триггер.) Во-вторых, триггеры в PostgreSQL могут срабатывать при нескольких событиях (например, ON INSERT OR UPDATE), тогда как стандарт SQL допускает только одно событие. Если триггер настроен на несколько событий, он представляется в информационной схеме в виде нескольких строк, по одной для каждого типа события. Вследствие этих двух особенностей, первичный ключ в

представлении `triggers` на самом деле (`trigger_catalog`, `trigger_schema`, `event_object_table`, `trigger_name`, `event_manipulation`), а не (`trigger_catalog`, `trigger_schema`, `trigger_name`), как должно быть согласно стандарту SQL. Однако, если определять триггеры в строгом соответствии со стандартом SQL (чтобы имена триггеров были уникальны в схеме и каждый триггер связывался только с одним событием), это расхождение никак не проявится.

Примечание

До PostgreSQL 9.1 в этом представлении столбцы `action_timing`, `action_reference_old_table`, `action_reference_new_table`, `action_reference_old_row` и `action_reference_new_row` назывались `condition_timing`, `condition_reference_old_table`, `condition_reference_new_table`, `condition_reference_old_row` и `condition_reference_new_row`, соответственно. Старые имена были продиктованы стандартом SQL:1999. Новые имена соответствуют стандарту SQL:2003 и более поздним.

37.56. `udt_privileges`

Представление `udt_privileges` описывает права `USAGE`, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для пользовательских типов. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации типа, праводателя и правообладателя. Это представление показывает только составные типы (почему, говорится в Разделе 37.58); права, затрагивающие домены, описаны в Разделе 37.57.

Таблица 37.54. Столбцы `udt_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
<code>grantor</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, давшей право (праводатель)
<code>grantee</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
<code>udt_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)
<code>udt_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей тип
<code>udt_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа
<code>privilege_type</code>	<code>character_data</code>	Всегда <code>TYPE USAGE</code>
<code>is_grantable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если право может передаваться, или NO в противном случае

37.57. `usage_privileges`

Представление `usage_privileges` описывает права `USAGE`, назначенные текущей активной роли или текущей активной ролью для различных типов объектов. В PostgreSQL на данный момент это правила сортировки, домены, обёртки сторонних данных, сторонние серверы и последовательно-сти. Оно содержит отдельную строку для каждой комбинации объекта, праводателя и правообладателя.

Так как с правилами сортировки в PostgreSQL не связаны никакие действующие права, в этом представлении показываются фиктивные права `USAGE`, якобы назначенные владельцем базы роли `PUBLIC` для всех правил сортировки. Для других типов объектов, однако, в нём показываются фактические права.

В PostgreSQL для последовательностей могут назначаться права `SELECT` и `UPDATE`, в дополнение к `USAGE`. Но это нестандартные права и поэтому в информационной схеме они не видны.

Таблица 37.55. Столбцы `usage_privileges`

Имя	Тип данных	Описание
<code>grantor</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, давшей право (право-датель)
<code>grantee</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя роли, которой было дано право (правообладатель)
<code>object_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей объект (всегда текущая база)
<code>object_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей объект, если это применимо, иначе пустая строка
<code>object_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя объекта
<code>object_type</code>	<code>character_data</code>	<code>COLLATION</code> или <code>DOMAIN</code> или <code>FOREIGN DATA WRAPPER</code> или <code>FOREIGN SERVER</code> или <code>SEQUENCE</code>
<code>privilege_type</code>	<code>character_data</code>	Всегда <code>USAGE</code>
<code>is_grantable</code>	<code>yes_or_no</code>	<code>YES</code> , если право может передаваться, или <code>NO</code> в противном случае

37.58. `user_defined_types`

Представление `user_defined_types` в данное время показывает все составные типы, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только те типы, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

SQL знает два вида пользовательских типов: структурные типы (также называются составными типами в PostgreSQL) и отдельные типы (не реализованы в PostgreSQL). Для уверенности в будущем, нужно обратиться к столбцу `user_defined_type_category`, чтобы различить их. Другие пользовательские типы, как например, базовые типы и перечисления, относящиеся к расширениям PostgreSQL, в этом представлении не показываются. О доменах можно узнать в Разделе 37.22.

Таблица 37.56. Столбцы `user_defined_types`

Имя	Тип данных	Описание
<code>user_defined_type_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей тип (всегда текущая база)
<code>user_defined_type_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей тип
<code>user_defined_type_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя типа
<code>user_defined_type_category</code>	<code>character_data</code>	На данный момент всегда <code>STRUCTURED</code>
<code>is_instantiable</code>	<code>yes_or_no</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>is_final</code>	<code>yes_or_no</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>ordering_form</code>	<code>character_data</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
ordering_category	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
ordering_routine_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
ordering_routine_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
ordering_routine_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
reference_type	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
data_type	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_maximum_length	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_octet_length	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
character_set_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_catalog	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_schema	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
collation_name	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
numeric_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
numeric_precision_radix	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

Имя	Тип данных	Описание
numeric_scale	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
datetime_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
interval_type	character_data	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
interval_precision	cardinal_number	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
source_dtd_identifier	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
ref_dtd_identifier	sql_identifier	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL

37.59. user_mapping_options

Представление `user_mapping_options` показывает все параметры, заданные для сопоставлений пользователей в текущей базе данных. В нём отражаются только сопоставления пользователей, установленные для сторонних серверов, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.57. Столбцы `user_mapping_options`

Имя	Тип данных	Описание
authorization_identifier	sql_identifier	Имя сопоставляемого пользователя, либо <code>PUBLIC</code> , если это сопоставление для всех
foreign_server_catalog	sql_identifier	Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер, задействованный в сопоставлении (всегда текущая база)
foreign_server_name	sql_identifier	Имя стороннего сервера, задействованного в сопоставлении
option_name	sql_identifier	Имя параметра
option_value	character_data	Значение параметра. Этот столбец будет содержать не <code>NULL</code> , только если описывается сопоставление текущего пользователя, либо это сопоставление для <code>PUBLIC</code> , а текущий пользователь — владелец стороннего сервера или суперпользователь. Данное ограничение введено для защиты информации о пароле, сохранённой в параметрах сопоставления.

37.60. user_mappings

Представление `user_mappings` показывает все сопоставления пользователей, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только сопоставления, установленные для сторонних серверов, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.58. Столбцы `user_mappings`

Имя	Тип данных	Описание
<code>authorization_identifier</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя сопоставляемого пользователя, либо <code>PUBLIC</code> , если это сопоставление для всех
<code>foreign_server_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, в которой определён сторонний сервер, задействованный в сопоставлении (всегда текущая база)
<code>foreign_server_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя стороннего сервера, задействованного в сопоставлении

37.61. view_column_usage

Представление `view_column_usage` описывает все столбцы, задействованные в выражении запроса представления (операторе `SELECT`, определяющем представление). Столбец выводится в этом списке, только если содержащая его таблица принадлежит текущей активной роли.

Примечание

Столбцы системных таблиц в этом представлении не отображаются. Это может быть исправлено позже.

Таблица 37.59. Столбцы `view_column_usage`

Имя	Тип данных	Описание
<code>view_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
<code>view_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей представление
<code>view_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя представления
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в представлении (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей таблицу со столбцом, задействованным в представлении
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя таблицы со столбцом, задействованным в представлении
<code>column_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя столбца, задействованного в представлении

37.62. view_routine_usage

Представление `view_routine_usage` описывает все подпрограммы (функции и процедуры), используемые в выражении запроса представления (операторе `SELECT`, определяющем представление). Подпрограмма выводится в этом списке, только если она принадлежит текущей активной роли.

Таблица 37.60. Столбцы `view_routine_usage`

Имя	Тип данных	Описание
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей представление
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя представления
<code>specific_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей функцию (всегда текущая база)
<code>specific_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей функцию
<code>specific_name</code>	<code>sql_identifier</code>	«Однозначное имя» функции. Подробнее оно описано в Разделе 37.40.

37.63. view_table_usage

Представление `view_table_usage` описывает все таблицы, задействованные в выражении запроса представления (операторе `SELECT`, определяющем представление). Таблица выводится в этом списке, только если она принадлежит текущей активной роли.

Примечание

Системные таблицы в этом представлении не отображаются. Это может быть исправлено позже.

Таблица 37.61. Столбцы `view_table_usage`

Имя	Тип данных	Описание
<code>view_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
<code>view_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей представление
<code>view_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя представления
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей таблицу, задействованную в представлении (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей таблицу, задействованную в представлении
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя таблицы, задействованной в представлении

37.64. views

Представление `views` показывает все представления, определённые в текущей базе данных. В нём показываются только представления, к которым имеет доступ текущий пользователь (являясь владельцем или имея некоторые права).

Таблица 37.62. Столбцы `views`

Имя	Тип данных	Описание
<code>table_catalog</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя базы данных, содержащей представление (всегда текущая база)
<code>table_schema</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя схемы, содержащей представление
<code>table_name</code>	<code>sql_identifier</code>	Имя представления
<code>view_definition</code>	<code>character_data</code>	Выражение запроса, определяющее представление (NULL, если представление не принадлежит текущей активной роли)
<code>check_option</code>	<code>character_data</code>	Относится к функциональности, отсутствующей в PostgreSQL
<code>is_updatable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если представление допускает изменение (команды UPDATE и DELETE), или NO в противном случае
<code>is_insertable_into</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если представление допускает добавление данных (команду INSERT), или NO в противном случае
<code>is_trigger_updatable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если для представления определён триггер INSTEAD OF UPDATE, или NO в противном случае
<code>is_trigger_deletable</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если для представления определён триггер INSTEAD OF DELETE, или NO в противном случае
<code>is_trigger_insertable_into</code>	<code>yes_or_no</code>	YES, если для представления определён триггер INSTEAD OF INSERT, или NO в противном случае

Часть V. Серверное программирование

Эта часть документации посвящена расширению функциональности сервера путём реализации собственных функций, типов данных, триггеров и т. д. Это довольно сложные темы, для освоения которых рекомендуется предварительно изучить и понять всю остальную документацию для пользователей PostgreSQL. В последних главах этой части описываются языки программирования на стороне сервера, поддерживаемые дистрибутивом PostgreSQL, и рассматриваются общие вопросы, связанные с программированием на стороне сервера. Но прежде чем погружаться в этот материал, важно изучить предыдущие разделы Главы 38 (где освещаются функции).

Глава 38. Расширение SQL

В следующих разделах мы обсудим, как в PostgreSQL можно расширять язык запросов SQL, добавляя собственные:

- функции (начиная с Раздела 38.3)
- агрегатные функции (начиная с Раздела 38.11)
- типы данных (начиная с Раздела 38.12)
- операторы (начиная с Раздела 38.13)
- классы операторов для индексов (начиная с Раздела 38.15)
- пакеты связанных объектов (начиная с Раздела 38.16)

38.1. Как реализована расширяемость

PostgreSQL является расширяемым благодаря тому, что его работа управляется каталогами. Если вы знакомы с традиционными реляционными системами баз данных, вы знаете, что они хранят информацию о базах, таблицах, столбцах и т. д., в структурах, которые обычно называются системными каталогами. (В некоторых системах они называются словарями данных.) Эти каталоги представляются пользователю в виде таблиц, подобных любым другим, но СУБД ведёт в них свои внутренние записи. Ключевое отличие PostgreSQL от обычных реляционных СУБД состоит в том, что PostgreSQL хранит в этих каталогах намного больше информации: информацию не только о таблицах и столбцах, но также о типах данных, функциях, методах доступа и т. д. Эти таблицы могут быть изменены пользователями, а так как PostgreSQL в своих действиях руководствуется этими таблицами, это означает, что пользователи могут расширять PostgreSQL. Обычные же СУБД можно расширять, только модифицируя жёстко запрограммированные процедуры в исходном коде или загружая модули, специально разработанные производителем СУБД.

Кроме того, сервер PostgreSQL может динамически загружать в свой процесс код, написанный пользователем. То есть, пользователь может подключить файл с объектным кодом (например, разделяемую библиотеку), который реализует новый тип или функцию, а PostgreSQL загрузит его по мере надобности. Код, написанный на SQL, добавляется на сервер ещё проще. Эта способность менять своё поведение «на лету» делает PostgreSQL исключительно подходящим для быстрого прототипирования новых приложений и структур хранения.

38.2. Система типов PostgreSQL

Типы данных PostgreSQL делятся на базовые, типы-контейнеры, составные, доменные и псевдотипы.

38.2.1. Базовые типы

Базовые типы — это типы, такие как `integer`, которые реализуются ниже уровня языка SQL (обычно на низкоуровневом языке, например C). В общих чертах они соответствуют так называемым абстрактным типам данных. PostgreSQL может работать с такими типами только через функции, предоставленные пользователем, и понимать их поведение только в той степени, в какой его опишет пользователь. Встроенные базовые типы описываются в Главе 8.

Типы-перечисления (`enum`) можно считать подкатегорией базовых типов. Они отличаются от других типов тем, что их можно создавать просто командами SQL, обходясь без низкоуровневого программирования. За подробностями обратитесь к Разделу 8.7.

38.2.2. Типы-контейнеры

В PostgreSQL есть три вида «типов-контейнеров», то есть типов, которые могут содержать в себе несколько значений других типов. Это массивы, составные типы и диапазоны.

Массивы могут содержать множество значений, имеющих один тип. Тип массива автоматически создаётся для каждого базового и составного типа, диапазона и домена, но не для массивов —

массивы массивов не существуют. Для системы типов многомерные массивы не отличаются от одномерных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.15.

Составные типы, или типы строк, образуются при создании любой таблицы. С помощью команды `CREATE TYPE` также можно определить «независимый» составной тип, не связанный с таблицей. Составной тип представляет собой просто список типов с определёнными именами полей. Значением составного типа является строка таблицы или запись из значений полей. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.16.

Диапазонный тип может содержать два значения одного типа, которые определяют нижнюю и верхнюю границу диапазона. Диапазонные типы создаются пользователем, хотя существует и несколько встроенных. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.17.

38.2.3. Домены

Домен основывается на определённом нижележащем типе и во многих аспектах взаимозаменяем с ним. Однако домен может иметь ограничения, уменьшающие множество допустимых для него значений относительно нижележащего типа. Домены создаются SQL-командой `CREATE DOMAIN`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 8.18.

38.2.4. Псевдотипы

Для специальных целей существует также несколько «псевдотипов». Псевдотипы нельзя задействовать в столбцах таблицы или в типах-контейнерах, но их можно использовать в объявлениях аргументов и результатов функций. Это даёт возможность выделить в системе типов специальные классы функций. Все существующие псевдотипы перечислены в Таблице 8.25.

38.2.5. Полиморфные типы

Особый интерес представляют пять псевдотипов: `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`, которые называются *полиморфными типами*. Функция, в объявлении которой используются эти типы, называется *полиморфной*. Полиморфная функция может работать со множеством различных типов данных; конкретный тип определяется в зависимости от значения, переданного при вызове.

Полиморфные аргументы и результаты связываются друг с другом и сводятся к определённому типу данных при разборе запроса, вызывающего полиморфную функцию. В каждой позиции (в аргументах или возвращаемом значении), объявленной как `anyelement`, может передаваться любой фактический тип данных, но в каждом конкретном вызове все эти фактические типы должны быть *одинаковыми*. Аналогичным образом, в каждой позиции, объявленной как `anyarray`, может передаваться любой тип данных массива, но все фактические типы массивов должны совпадать. Так же и во всех позициях, объявленных как `anyrange`, должен передаваться одинаковый тип-диапазон. Более того, если некоторые позиции объявлены как `anyarray`, а другие как `anyelement`, то фактическим типом в позициях `anyarray` должен быть массив, элементы которого имеют тот же тип, что и значения в позициях `anyelement`. Подобным образом, если одни позиции объявлены как `anyrange`, а другие как `anyelement`, фактическим типом в позициях `anyrange` должен быть диапазон, подтип которого совпадает с типом, передаваемым в позициях `anyelement`. Псевдотип `anynonarray` обрабатывается так же, как `anyelement`, но с дополнительным ограничением — фактический тип не должен быть типом массива. Псевдотип `anyenum` тоже обрабатывается как `anyelement`, но его фактические типы ограничиваются перечислениями.

Таким образом, когда с полиморфным типом объявлено несколько аргументов, в итоге допускаются только определённые комбинации фактических типов. Например, функция, объявленная как `equal(anyelement, anyelement)`, примет в аргументах любые два значения, но только если их типы данных совпадают.

Когда с полиморфным типом объявлено возвращаемое значение функции, так же полиморфным должен быть минимум один аргумент, и фактический тип результата при конкретном вы-

зове определится по типу фактически переданного аргумента. Например, если бы отсутствовал механизм обращения к элементам массива, его можно было бы реализовать, создав функцию `subscript(anyarray, integer) returns anyelement`. С таким объявлением первым фактическим аргументом должен быть массив, и из него будет выведен правильный тип результата при разборе запроса. В качестве другого примера можно привести функцию `f(anyarray) returns anyenum`, которая будет принимать только массивы перечислений.

Заметьте, что `anynonarray` и `anyenum` представляют не отдельные типы переменных; это те же типы, что и `anyelement`, но с дополнительными ограничениями. Например, объявление функции `f(anyelement, anyenum)` равнозначно объявлению `f(anyenum, anyenum)`: оба фактических аргумента должны быть одинаковыми типами-перечислениями.

Функции с переменным числом аргументом (описанные в Подразделе 38.5.5) тоже могут быть полиморфными: для этого их последний параметр описывается как `VARIADIC anyarray`. Для целей сопоставления аргументов и определения фактического типа результата такая функция представляется так же, как если бы в ней явно объявлялось нужное число параметров `anynonarray`.

38.3. Пользовательские функции

В PostgreSQL представлены функции четырёх видов:

- функции на языке запросов (функции, написанные на SQL) (Раздел 38.5)
- функции на процедурных языках (функции, написанные, например, на PL/pgSQL или PL/Tcl) (Раздел 38.8)
- внутренние функции (Раздел 38.9)
- функции на языке C (Раздел 38.10)

Функции любых видов могут принимать в качестве аргументов (параметров) базовые типы, составные типы или их сочетания. Кроме того, любые функции могут возвращать значения базового или составного типа. Также можно определить функции, возвращающие наборы базовых или составных значений.

Функции многих видов могут также принимать или возвращать определённые псевдотипы (например, полиморфные типы), но доступные средства для работы с ними различаются. За подробностями обратитесь к описанию конкретного вида функций.

Проще всего определить функции на языке SQL, поэтому сначала мы рассмотрим их. Многие концепции, касающиеся функций на SQL, затем распространятся и на другие виды функций.

Изучая эту главу, будет полезно обращаться к странице справки по команде `CREATE FUNCTION`, чтобы лучше понимать примеры. Некоторые примеры из этой главы можно найти в файлах `funcs.sql` и `funcs.c` в каталоге `src/tutorial` исходного кода PostgreSQL.

38.4. Пользовательские процедуры

Процедура представляет собой объект базы данных, подобный функции. Отличие состоит в том, что процедура не возвращает значение, и поэтому для неё не определяется возвращаемый тип. Тогда как функция вызывается в составе запроса или команды DML, процедура вызывается явно, оператором `CALL`.

Всё, что говорится в продолжении данной главы о создании пользовательских функций, применимо и к процедурам, за исключением того, что для процедур используется команда `CREATE PROCEDURE`, не определяется тип результата, и к ним не относятся некоторые свойства, например, строгость.

Функции и процедуры в совокупности также называются *подпрограммами*. Существуют команды, такие как `ALTER ROUTINE` и `DROP ROUTINE`, которые способны работать и с функциями, и

с процедурами, не требуя указания точного вида объекта. Однако заметьте, что команды `CREATE ROUTINE` нет.

38.5. Функции на языке запросов (SQL)

SQL-функции выполняют произвольный список операторов SQL и возвращают результат последнего запроса в списке. В простом случае (не с множеством) будет возвращена первая строка результата последнего запроса. (Помните, что понятие «первая строка» в наборе результатов с несколькими строками определено точно, только если присутствует `ORDER BY`.) Если последний запрос вообще не вернёт строки, будет возвращено значение `NULL`.

Кроме того, можно объявить SQL-функцию как возвращающую множество (то есть, несколько строк), указав в качестве возвращаемого типа функции `SETOF некий_тип`, либо объявив её с указанием `RETURNS TABLE (столбцы)`. В этом случае будут возвращены все строки результата последнего запроса. Подробнее это описывается ниже.

Тело SQL-функции должно представлять собой список SQL-операторов, разделённых точкой с запятой. Точка с запятой после последнего оператора может отсутствовать. Если только функция не объявлена как возвращающая `void`, последним оператором должен быть `SELECT`, либо `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с предложением `RETURNING`.

Любой набор команд на языке SQL можно скомпоновать вместе и обозначить как функцию. Помимо запросов `SELECT`, эти команды могут включать запросы, изменяющие данные (`INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`), а также другие SQL-команды. (В SQL-функциях нельзя использовать команды управления транзакциями, например `COMMIT`, `SAVEPOINT`, и некоторые вспомогательные команды, в частности `VACUUM`.) Однако последней командой должна быть `SELECT` или команда с предложением `RETURNING`, возвращающая результат с типом возврата функции. Если же вы хотите определить функцию SQL, выполняющую действия, но не возвращающую полезное значение, вы можете объявить её как возвращающую тип `void`. Например, эта функция удаляет строки с отрицательным жалованьем из таблицы `emp`:

```
CREATE FUNCTION clean_emp() RETURNS void AS '
    DELETE FROM emp
        WHERE salary < 0;
' LANGUAGE SQL;

SELECT clean_emp();

clean_emp
-----

(1 row)
```

Примечание

Прежде чем начинается выполнение команд, разбирается всё тело SQL-функции. Когда SQL-функция содержит команды, модифицирующие системные каталоги (например, `CREATE TABLE`), действие таких команд не будет проявляться на стадии анализа последующих команд этой функции. Так, например, команды `CREATE TABLE foo (...); INSERT INTO foo VALUES (...);` не будут работать, как ожидается, если их упаковать в одну SQL-функцию, так как `foo` не будет существовать к моменту разбору команды `INSERT`. В подобных ситуациях вместо SQL-функции рекомендуется использовать `PL/pgSQL`.

Синтаксис команды `CREATE FUNCTION` требует, чтобы тело функции было записано как строковая константа. Обычно для этого удобнее всего заключать строковую константу в доллары (см. Подраз-

дел 4.1.2.4). Если вы решите использовать обычный синтаксис с заключением строки в апострофы, вам придётся дублировать апострофы (') и обратную косую черту (\) (предполагается синтаксис спецпоследовательностей) в теле функции (см. Подраздел 4.1.2.1).

38.5.1. Аргументы SQL-функций

К аргументам SQL-функции можно обращаться в теле функции по именам или номерам. Ниже приведены примеры обоих вариантов.

Чтобы использовать имя, объявите аргумент функции как именованный, а затем просто пишите это имя в теле функции. Если имя аргумента совпадает с именем какого-либо столбца в текущей SQL-команде внутри функции, имя столбца будет иметь приоритет. Чтобы всё же перекрыть имя столбца, дополните имя аргумента именем самой функции, то есть запишите его в виде *имя_функции.имя_аргумента*. (Если и это имя будет конфликтовать с полным именем столбца, снова выиграет имя столбца. Неоднозначности в этом случае вы можете избежать, выбрав другой псевдоним для таблицы в SQL-команде.)

Старый подход с нумерацией позволяет обращаться к аргументам, применяя запись $\$n$: $\$1$ обозначает первый аргумент, $\$2$ — второй и т. д. Это будет работать и в том случае, если данному аргументу назначено имя.

Если аргумент имеет составной тип, то для обращения к его атрибутам можно использовать запись с точкой, например: *аргумент.поле* или $\$1.поле$. И опять же, при этом может потребоваться дополнить имя аргумента именем функции, чтобы сделать имя аргумента однозначным.

Аргументы SQL-функции могут использоваться только как значения данных, но не как идентификаторы. Например, это приемлемо:

```
INSERT INTO mytable VALUES ($1);
```

а это не будет работать:

```
INSERT INTO $1 VALUES (42);
```

Примечание

Возможность обращаться к аргументам SQL-функций по именам появилась в PostgreSQL 9.2. В функциях, которые должны работать со старыми серверами, необходимо применять запись $\$n$.

38.5.2. Функции SQL с базовыми типами

Простейшая возможная функция SQL не имеет аргументов и просто возвращает базовый тип, например *integer*:

```
CREATE FUNCTION one() RETURNS integer AS $$
    SELECT 1 AS result;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
-- Альтернативная запись строковой константы:
CREATE FUNCTION one() RETURNS integer AS '
    SELECT 1 AS result;
' LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT one();
```

```
one
-----
```


1

Заметьте, что мы определили псевдоним столбца в теле функции для её результата (дали ему имя `result`), но этот псевдоним не виден снаружи функции. Вследствие этого, столбец результата получил имя `one`, а не `result`.

Практически так же легко определяются функции SQL, которые принимают в аргументах базовые типы:

```
CREATE FUNCTION add_em(x integer, y integer) RETURNS integer AS $$
    SELECT x + y;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT add_em(1, 2) AS answer;
```

```
answer
-----
      3
```

Мы также можем отказаться от имён аргументов и обращаться к ним по номерам:

```
CREATE FUNCTION add_em(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    SELECT $1 + $2;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT add_em(1, 2) AS answer;
```

```
answer
-----
      3
```

Вот более полезная функция, которую можно использовать, чтобы дебетовать банковский счёт:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
    UPDATE bank
        SET balance = balance - debit
        WHERE accountno = tf1.accountno;
    SELECT 1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Пользователь может выполнить эту функцию, чтобы дебетовать счёт 17 на 100 долларов, так:

```
SELECT tf1(17, 100.0);
```

В этом примере мы выбрали имя `accountno` для первого аргумента, но это же имя имеет столбец в таблице `bank`. В команде `UPDATE` имя `accountno` относится к столбцу `bank.accountno`, так для обращения к аргументу нужно записать `tf1.accountno`. Конечно, мы могли бы избежать этого, выбрав другое имя для аргумента.

На практике обычно желательно получать от функции более полезный результат, чем константу 1, поэтому более реалистично такое определение:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
    UPDATE bank
        SET balance = balance - debit
        WHERE accountno = tf1.accountno;
    SELECT balance FROM bank WHERE accountno = tf1.accountno;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Эта функция изменяет баланс и возвращает полученное значение. То же самое можно сделать в одной команде, применив `RETURNING`:

```
CREATE FUNCTION tf1 (accountno integer, debit numeric) RETURNS numeric AS $$
```

```
UPDATE bank
  SET balance = balance - debit
  WHERE accountno = tf1.accountno
RETURNING balance;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Функция SQL должна возвращать в точности объявленный тип результата. Для этого может потребоваться добавить явное приведение. Например, предположим, что мы захотели изменить возвращаемый тип в предыдущей функции на `float8`. Этот вариант не будет работать:

```
CREATE FUNCTION add_em(integer, integer) RETURNS float8 AS $$
  SELECT $1 + $2;
$$ LANGUAGE SQL;
```

несмотря на то, что в других контекстах PostgreSQL выполнил бы неявное приведение для преобразования `integer` в `float8`. Правильный вариант выглядит так:

```
CREATE FUNCTION add_em(integer, integer) RETURNS float8 AS $$
  SELECT ($1 + $2)::float8;
$$ LANGUAGE SQL;
```

38.5.3. Функции SQL со сложными типами

В функциях с аргументами составных типов мы должны указывать не только, какой аргумент, но и какой атрибут (поле) этого аргумента нам нужен. Например, предположим, что `emp` — таблица, содержащая данные работников, и это же имя составного типа, представляющего каждую строку таблицы. Следующая функция `double_salary` вычисляет, каким было бы чьё-либо жалование в случае увеличения вдвое:

```
CREATE TABLE emp (
  name      text,
  salary    numeric,
  age       integer,
  cubicle   point
);

INSERT INTO emp VALUES ('Bill', 4200, 45, '(2,1)');

CREATE FUNCTION double_salary(emp) RETURNS numeric AS $$
  SELECT $1.salary * 2 AS salary;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT name, double_salary(emp.*) AS dream
FROM emp
WHERE emp.cubicle ~= point '(2,1)';
```

```
name | dream
-----+-----
Bill | 8400
```

Обратите внимание на запись `$1.salary` позволяющую выбрать одно поле из значения строки аргумента. Также заметьте, что в вызывающей команде `SELECT` указание *имя_таблицы.** выбирает всю текущую строку таблицы как составное значение. На строку таблицы можно сослаться и просто по имени таблицы, например так:

```
SELECT name, double_salary(emp) AS dream
FROM emp
WHERE emp.cubicle ~= point '(2,1)';
```

Однако это использование считается устаревшим, так как провоцирует путаницу. (Подробнее эти две записи составных значений строки таблицы описаны в Подразделе 8.16.5.)

Иногда бывает удобно образовать составное значение аргумента на лету. Это позволяет сделать конструкция ROW. Например, так можно изменить данные, передаваемые функции:

```
SELECT name, double_salary(ROW(name, salary*1.1, age, cubicle)) AS dream
FROM emp;
```

Также возможно создать функцию, возвращающую составной тип. Например, эта функция возвращает одну строку emp:

```
CREATE FUNCTION new_emp() RETURNS emp AS $$
    SELECT text 'None' AS name,
           1000.0 AS salary,
           25 AS age,
           point '(2,2)' AS cubicle;
$$ LANGUAGE SQL;
```

В этом примере мы задали для каждого атрибута постоянное значение, но вместо этих констант можно подставить любые вычисления.

Учтите два важных требования относительно определения функции:

- Порядок в списке выборки внутреннего запроса должен в точности совпадать с порядком следования столбцов в таблице, связанной с составным типом. (Имена столбцов, как показывает пример выше, для системы значения не имеют.)
- Необходимо сделать так, чтобы каждое выражение имело тот же тип, что и соответствующий столбец составного типа, при необходимости добавив приведение. В противном случае вы получите такие ошибки:

```
ERROR: function declared to return emp returns varchar instead of text at column 1
```

(ОШИБКА: функция, объявленная как возвращающая emp, возвращает varchar вместо text в столбце 1) Как и в случае с базовыми типами, автоматически никакие приведения в функцию не добавляются.

Ту же функцию можно определить другим способом:

```
CREATE FUNCTION new_emp() RETURNS emp AS $$
    SELECT ROW('None', 1000.0, 25, '(2,2)')::emp;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Здесь мы записали SELECT, который возвращает один столбец нужного составного типа. В данной ситуации этот вариант на самом деле не лучше, но в некоторых случаях он может быть удобной альтернативой — например, если нам нужно вычислить результат, вызывая другую функцию, которая возвращает нужное составное значение. Этот вариант полезен и в случае, когда мы хотим написать функцию, которая возвращает не обычный составной тип, а домен, определённый поверх составного типа; тогда она в любом случае должна определяться как возвращающая единственный столбец, так как никаким другим образом получить значение именно доменного типа нельзя.

Мы можем вызывать эту функцию напрямую, либо указав её в выражении значения:

```
SELECT new_emp();

      new_emp
-----
(None,1000.0,25,"(2,2)")
```

либо обратившись к ней, как к табличной функции:

```
SELECT * FROM new_emp();

name | salary | age | cubicle
```

```
-----+-----+-----+-----
None | 1000.0 | 25 | (2,2)
```

Второй способ более подробно описан в Подразделе 38.5.7.

Когда используется функция, возвращающая составной тип, может возникнуть желание получить из её результата только одно поле (атрибут). Это можно сделать, применяя такую запись:

```
SELECT (new_emp()) .name;
```

```
name
-----
None
```

Дополнительные скобки необходимы во избежание неоднозначности при разборе запроса. Если вы попытаетесь выполнить запрос без них, вы получите ошибку:

```
SELECT new_emp().name;
ERROR:  syntax error at or near "."
LINE 1: SELECT new_emp().name;
                        ^
```

(ОШИБКА: синтаксическая ошибка (примерное положение: "."))

Функциональную запись также можно использовать и для извлечения атрибутов:

```
SELECT name(new_emp());
```

```
name
-----
None
```

Как рассказывалось в Подразделе 8.16.5, запись с указанием поля и функциональная запись являются равнозначными.

Ещё один вариант использования функции, возвращающей составной тип, заключается в передаче её результата другой функции, которая принимает этот тип строки на вход:

```
CREATE FUNCTION getname(emp) RETURNS text AS $$
    SELECT $1.name;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT getname(new_emp());
getname
-----
None
(1 row)
```

38.5.4. Функции SQL с выходными параметрами

Альтернативный способ описать результаты функции — определить её с *выходными параметрами*, как в этом примере:

```
CREATE FUNCTION add_em (IN x int, IN y int, OUT sum int)
AS 'SELECT x + y'
LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT add_em(3,7);
add_em
-----
10
(1 row)
```

Это по сути не отличается от версии `add_em`, показанной в Подразделе 38.5.2. Действительная ценность выходных параметров в том, что они позволяют удобным способом определить функции, возвращающие несколько столбцов. Например:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product (x int, y int, OUT sum int, OUT product int)
AS 'SELECT x + y, x * y'
LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM sum_n_product (11,42);
sum | product
-----+-----
 53 |    462
(1 row)
```

Фактически здесь мы определили анонимный составной тип для результата функции. Показанный выше пример даёт тот же конечный результат, что и команды:

```
CREATE TYPE sum_prod AS (sum int, product int);

CREATE FUNCTION sum_n_product (int, int) RETURNS sum_prod
AS 'SELECT $1 + $2, $1 * $2'
LANGUAGE SQL;
```

Но предыдущий вариант зачастую удобнее, так как он не требует отдельно заниматься определением составного типа. Заметьте, что имена, назначаемые выходным параметрам, не просто декоративные, а определяют имена столбцов анонимного составного типа. (Если вы опустите имя выходного параметра, система выберет имя сама.)

Заметьте, что выходные параметры не включаются в список аргументов при вызове такой функции из SQL. Это объясняется тем, что PostgreSQL определяет сигнатуру вызова функции, рассматривая только входные параметры. Это также значит, что при таких операциях, как удаление функции, в ссылках на функцию учитываются только типы входных параметров. Таким образом, удалить эту конкретную функцию можно любой из этих команд:

```
DROP FUNCTION sum_n_product (x int, y int, OUT sum int, OUT product int);
DROP FUNCTION sum_n_product (int, int);
```

Параметры функции могут быть объявлены как `IN` (по умолчанию), `OUT`, `INOUT` или `VARIADIC`. Параметр `INOUT` действует как входной (является частью списка аргументов при вызове) и как выходной (часть типа записи результата). Параметры `VARIADIC` являются входными, но обрабатываются специальным образом, как описано далее.

38.5.5. Функции SQL с переменным числом аргументов

Функции SQL могут быть объявлены как принимающие переменное число аргументов, с условием, что все «необязательные» аргументы имеют один тип данных. Необязательные аргументы будут переданы такой функции в виде массива. Для этого в объявлении функции последний параметр помечается как `VARIADIC`; при этом он должен иметь тип массива. Например:

```
CREATE FUNCTION mleast(VARIADIC arr numeric[]) RETURNS numeric AS $$
    SELECT min($1[i]) FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT mleast (10, -1, 5, 4.4);
mleast
-----
    -1
(1 row)
```

По сути, все фактические аргументы, начиная с позиции `VARIADIC`, собираются в одномерный массив, как если бы вы написали

```
SELECT mleast (ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);    -- это не будет работать
```

На самом деле так вызвать эту функцию нельзя, или, по крайней мере, это не будет соответствовать определению функции. Параметру `VARIADIC` соответствуют одно или несколько вхождений типа его элемента, но не его собственного типа.

Но иногда бывает полезно передать функции с переменными параметрами уже подготовленный массив; особенно когда одна функция с переменными параметрами хочет передавать свой массив параметров другой. Также это более безопасный способ вызывать такую функцию, существующую в схеме, где могут создавать объекты недоверенные пользователи; см. Раздел 10.3. Это можно сделать, добавив `VARIADIC` в вызов:

```
SELECT mleast (VARIADIC ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

Это предотвращает разворачивание переменного множества параметров функции в базовый тип, что позволяет сопоставить с ним значение типа массива. `VARIADIC` можно добавить только к последнему фактическому аргументу вызова функции.

Также указание `VARIADIC` даёт единственную возможность передать пустой массив функции с переменными параметрами, например, так:

```
SELECT mleast (VARIADIC ARRAY[]::numeric[]);
```

Простой вызов `SELECT mleast ()` не будет работать, так как переменным параметрам должен соответствовать минимум один фактический аргумент. (Можно определить вторую функцию с таким же именем `mleast`, но без параметров, если вы хотите выполнять такие вызовы.)

Элементы массива, создаваемые из переменных параметров, считаются не имеющими собственных имён. Это означает, что передать функции с переменными параметрами именованные аргументы нельзя (см. Раздел 4.3), если только при вызове не добавлено `VARIADIC`. Например, этот вариант будет работать:

```
SELECT mleast (VARIADIC arr => ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

А эти варианты нет:

```
SELECT mleast (arr => 10);
SELECT mleast (arr => ARRAY[10, -1, 5, 4.4]);
```

38.5.6. Функции SQL со значениями аргументов по умолчанию

Функции могут быть объявлены со значениями по умолчанию для некоторых или всех входных аргументов. Значения по умолчанию подставляются, когда функция вызывается с недостаточным количеством фактических аргументов. Так как аргументы можно опускать только с конца списка фактических аргументов, все параметры после параметра со значением по умолчанию также получают значения по умолчанию. (Хотя запись с именованными аргументами могла бы ослабить это ограничение, оно всё же остаётся в силе, чтобы позиционные ссылки на аргументы оставались действительными.) Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует осторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3.

Например:

```
CREATE FUNCTION foo(a int, b int DEFAULT 2, c int DEFAULT 3)
RETURNS int
LANGUAGE SQL
AS $$
    SELECT $1 + $2 + $3;
$$;

SELECT foo(10, 20, 30);
```

```
foo
-----
60
(1 row)
```

```
SELECT foo(10, 20);
foo
-----
33
(1 row)
```

```
SELECT foo(10);
foo
-----
15
(1 row)
```

```
SELECT foo(); -- не работает из-за отсутствия значения по умолчанию для первого
аргумента
ERROR: function foo() does not exist
```

(ОШИБКА: функция foo() не существует) Вместо ключевого слова DEFAULT можно использовать знак =.

38.5.7. Функции SQL, порождающие таблицы

Все функции SQL можно использовать в предложении FROM запросов, но наиболее полезно это для функций, возвращающих составные типы. Если функция объявлена как возвращающая базовый тип, она возвращает таблицу с одним столбцом. Если же функция объявлена как возвращающая составной тип, она возвращает таблицу со столбцами для каждого атрибута составного типа.

Например:

```
CREATE TABLE foo (fooid int, foosubid int, fooname text);
INSERT INTO foo VALUES (1, 1, 'Joe');
INSERT INTO foo VALUES (1, 2, 'Ed');
INSERT INTO foo VALUES (2, 1, 'Mary');
```

```
CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS foo AS $$
    SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT *, upper(fooname) FROM getfoo(1) AS t1;
```

```
fooid | foosubid | fooname | upper
-----+-----+-----+-----
1 | 1 | Joe | JOE
(1 row)
```

Как показывает этот пример, мы можем работать со столбцами результата функции так же, как если бы это были столбцы обычной таблицы.

Заметьте, что мы получаем из данной функции только одну строку. Это объясняется тем, что мы не использовали указание SETOF. Оно описывается в следующем разделе.

38.5.8. Функции SQL, возвращающие множества

Когда SQL-функция объявляется как возвращающая SETOF *некий_тип*, конечный запрос функции выполняется до завершения и каждая строка выводится как элемент результирующего множества.

Это обычно используется, когда функция вызывается в предложении `FROM`. В этом случае каждая строка, возвращаемая функцией, становится строкой таблицы, появляющейся в запросе. Например, в предположении, что таблица `foo` имеет то же содержимое, что и раньше, мы выполняем:

```
CREATE FUNCTION getfoo(int) RETURNS SETOF foo AS $$
    SELECT * FROM foo WHERE fooid = $1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM getfoo(1) AS t1;
```

Тогда в ответ мы получим:

fooid	foosubid	fooname
1	1	Joe
1	2	Ed

(2 rows)

Также возможно выдать несколько строк со столбцами, определяемыми выходными параметрами, следующим образом:

```
CREATE TABLE tab (y int, z int);
INSERT INTO tab VALUES (1, 2), (3, 4), (5, 6), (7, 8);

CREATE FUNCTION sum_n_product_with_tab (x int, OUT sum int, OUT product int)
RETURNS SETOF record
AS $$
    SELECT $1 + tab.y, $1 * tab.y FROM tab;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM sum_n_product_with_tab(10);
```

sum	product
11	10
13	30
15	50
17	70

(4 rows)

Здесь ключевая особенность заключается в записи `RETURNS SETOF record`, показывающей, что функция возвращает множество строк вместо одной. Если существует только один выходной параметр, укажите тип этого параметра вместо `record`.

Часто бывает полезно сконструировать результат запроса, вызывая функцию, возвращающую множество, несколько раз, передавая при каждом вызове параметры из очередных строк таблицы или подзапроса. Для этого рекомендуется применить ключевое слово `LATERAL`, описываемое в Подразделе 7.2.1.5. Ниже приведён пример использования функции, возвращающей множество, для перечисления элементов древовидной структуры:

```
SELECT * FROM nodes;
```

name	parent
Top	
Child1	Top
Child2	Top
Child3	Top
SubChild1	Child1
SubChild2	Child1

(6 rows)

```
CREATE FUNCTION listchildren(text) RETURNS SETOF text AS $$
```



```
SELECT name FROM nodes WHERE parent = $1
$$ LANGUAGE SQL STABLE;
```

```
SELECT * FROM listchildren('Top');
listchildren
-----
Child1
Child2
Child3
(3 rows)
```

```
SELECT name, child FROM nodes, LATERAL listchildren(name) AS child;
name | child
-----+-----
Top   | Child1
Top   | Child2
Top   | Child3
Child1 | SubChild1
Child1 | SubChild2
(5 rows)
```

В этом примере не делается ничего такого, что мы не могли бы сделать, применив простое соединение, но для более сложных вычислений возможность поместить некоторую логику в функцию может быть весьма удобной.

Функции, возвращающие множества, могут также вызываться в списке выборки запроса. Для каждой строки, которая генерируется самим запросом, вызывается функция, возвращающая множество, и для каждого элемента набора её результатов генерируется отдельная строка. Предыдущий пример можно было бы также переписать с применением запросов следующим образом:

```
SELECT listchildren('Top');
listchildren
-----
Child1
Child2
Child3
(3 rows)
```

```
SELECT name, listchildren(name) FROM nodes;
name | listchildren
-----+-----
Top   | Child1
Top   | Child2
Top   | Child3
Child1 | SubChild1
Child1 | SubChild2
(5 rows)
```

Заметьте, что в последней команде SELECT для Child2, Child3 и т. д. строки не выдаются. Это происходит потому, что listchildren возвращает пустое множество для этих аргументов, так что строки результата не генерируются. Это же поведение мы получаем при внутреннем соединении с результатом функции с применением LATERAL.

Поведение PostgreSQL с функциями, возвращающими множества, в списке выборки запроса практически не отличается от поведения с такими функциями, помещёнными в предложение LATERAL FROM. Например, запрос:

```
SELECT x, generate_series(1,5) AS g FROM tab;
```

почти равнозначен

```
SELECT x, g FROM tab, LATERAL generate_series(1,5) AS g;
```

Он мог быть полностью идентичным, но в данном конкретном примере планировщик может решить перенести `g` во внешнюю сторону соединения, так как `g` не имеет фактической зависимости по времени вычисления от `tab`. Такое решение привело бы к изменению порядка строк. Функции, возвращающие множества, в списке выборки всегда вычисляются так, как они вычислялись бы внутри соединения с вложенным циклом с остальным предложением `FROM`, так что эти функции выполняются до завершения прежде чем начинается рассмотрение следующей строки из предложения `FROM`.

Если в списке выборки запроса используются несколько функций, возвращающих запросы, они вычисляются примерно так же, как если бы они были помещены в один элемент `LATERAL ROWS FROM( ... )` предложения `FROM`. Для каждой строки из нижележащего запроса выдаётся строка с первым результатом каждой функции, а затем строка со вторым результатом и так далее. Если какие-либо из функций, возвращающих множества, выдают меньше результатов, чем другие, то вместо недостающих данных подставляются значения `NULL`, так что общее число строк, выдаваемых для одной нижележащей строки, равно числу строк, которое выдаёт функция с наибольшим количеством строк в возвращаемом множестве. Таким образом, функции, возвращающие множества, выполняются совместно, пока все их множества не будут исчерпаны, а затем выполнение продолжается со следующей нижележащей строкой.

Функции, возвращающие множества, могут быть вложенными в списке выборки, но это не допускается в элементах предложения `FROM`. В таких случаях каждый уровень вложенности обрабатывается отдельно, как если бы это был отдельный элемент `LATERAL ROWS FROM( ... )`. Например, в

```
SELECT srf1(srf2(x), srf3(y)), srf4(srf5(z)) FROM tab;
```

возвращающие множества функции `srf2`, `srf3` и `srf5` будут выполняться совместно для каждой строки `tab`, а затем `srf1` и `srf4` будут совместно применяться к каждой строке, произведённой нижними функциями.

Функции, возвращающие множества, нельзя использовать в конструкциях, вычисляемых по условию, например, `CASE` или `COALESCE`. Например, рассмотрите запрос

```
SELECT x, CASE WHEN x > 0 THEN generate_series(1, 5) ELSE 0 END FROM tab;
```

Может показаться, что он должен выдать пять экземпляров входных строк, в которых `x > 0`, и по одному экземпляру остальных строк; но на деле, так как `generate_series(1, 5)` будет выполняться в неявном элементе `LATERAL FROM` до того, как выражение `CASE` вообще будет рассматриваться, должно было бы выдаваться пять экземпляров абсолютно всех выходных строк. Во избежание путаницы в таких случаях выдаётся ошибка при разборе запроса.

Примечание

Если последняя команда функции — `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с `RETURNING`, эта команда будет всегда выполняться до завершения, даже если функция не объявлена с указанием `SETOF` или вызывающий запрос не выбирает все строки результата. Все дополнительные строки, выданные предложением `RETURNING`, просто игнорируются, но соответствующие изменения в таблице всё равно произойдут (и будут завершены до выхода из функции).

Примечание

В PostgreSQL до версии 10 при помещении нескольких функций, возвращающих множества, в один список выборки поведение было не очень разумным, если они возвращали не одинаковое число строк. В таких случаях число выходных строк равнялось наименьшему общему множителю количеств строк, возвращаемых этими функциями. Также и вложенные функции, возвращающие множества, работали не так, как описано выше; у такой функции мог быть максимум один аргумент, возвращающий множе-

ство, и каждая вложенность вычислялась независимо. Кроме того, ранее допускалось и условное выполнение (вычисление таких функций внутри CASE и т. п.), что ещё больше всё усложняло. При написании запросов, которые должны работать и со старыми версиями PostgreSQL, рекомендуется использовать синтаксис LATERAL, так как это гарантирует одинаковый результат с разными версиями. Если в вашем запросе используется условное вычисление функции, возвращающей множество, его можно исправить, переместив проверку условия в специально созданную функцию, возвращающую множество. Например:

```
SELECT x, CASE WHEN y > 0 THEN generate_series(1, z) ELSE 5 END FROM tab;
```

можно заменить на

```
CREATE FUNCTION case_generate_series(cond bool, start int, fin int, els int)
  RETURNS SETOF int AS $$
BEGIN
  IF cond THEN
    RETURN QUERY SELECT generate_series(start, fin);
  ELSE
    RETURN QUERY SELECT els;
  END IF;
END$$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
SELECT x, case_generate_series(y > 0, 1, z, 5) FROM tab;
```

Это будет работать одинаково во всех версиях PostgreSQL.

38.5.9. Функции SQL, возвращающие таблицы (TABLE)

Есть ещё один способ объявить функцию, возвращающую множества, — использовать синтаксис RETURNS TABLE (столбцы). Это равнозначно использованию одного или нескольких параметров OUT с объявлением функции как возвращающей SETOF record (или SETOF тип единственного параметра, если это применимо). Этот синтаксис описан в последних версиях стандарта SQL, так что этот вариант может быть более портируемым, чем SETOF.

Например, предыдущий пример с суммой и произведением можно также переписать так:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product_with_tab (x int)
  RETURNS TABLE(sum int, product int) AS $$
  SELECT $1 + tab.y, $1 * tab.y FROM tab;
$$ LANGUAGE SQL;
```

Запись RETURNS TABLE не позволяет явно указывать OUT и INOUT для параметров — все выходные столбцы необходимо записать в списке TABLE.

38.5.10. Полиморфные функции SQL

Функции SQL могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы anyelement, anyarray, anynonarray, anyenum и anyrange. За более подробным объяснением полиморфизма функций обратитесь к Подразделу 38.2.5. В следующем примере полиморфная функция make_array создаёт массив из двух элементов произвольных типов:

```
CREATE FUNCTION make_array(anyelement, anyelement) RETURNS anyarray AS $$
  SELECT ARRAY[$1, $2];
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT make_array(1, 2) AS intarray, make_array('a'::text, 'b') AS textarray;
intarray | textarray
-----+-----
{1,2}    | {a,b}
```

```
(1 row)
```

Обратите внимание на приведение типа 'a'::text, определяющее, что аргумент имеет тип text. Оно необходимо, если аргумент задаётся просто строковой константой, так как иначе он будет воспринят как имеющий тип unknown, а массив типов unknown является недопустимым. Без этого приведения вы получите такую ошибку:

```
ERROR:  could not determine polymorphic type because input has type "unknown"
```

(ОШИБКА: не удалось определить полиморфный тип, так как входные аргументы имеют тип "unknown")

Функция с полиморфными аргументами может иметь фиксированный тип результата, однако обратное не допускается. Например:

```
CREATE FUNCTION is_greater(anyelement, anyelement) RETURNS boolean AS $$
    SELECT $1 > $2;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT is_greater(1, 2);
 is_greater
-----
      f
(1 row)
```

```
CREATE FUNCTION invalid_func() RETURNS anyelement AS $$
    SELECT 1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
ERROR:  cannot determine result data type
DETAIL:  A function returning a polymorphic type must have at least one polymorphic
argument.
```

(ОШИБКА: не удалось определить тип результата; ПОДРОБНОСТИ: Функция, возвращающая полиморфный тип, должна иметь минимум один полиморфный аргумент.)

Полиморфизм можно применять и с функциями, имеющими выходные аргументы. Например:

```
CREATE FUNCTION dup (f1 anyelement, OUT f2 anyelement, OUT f3 anyarray)
AS 'select $1, array[$1,$1]' LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM dup(22);
 f2 |    f3
----+-----
 22 | {22,22}
(1 row)
```

Полиморфизм также можно применять с функциями с переменными параметрами. Например:

```
CREATE FUNCTION anyleast (VARIADIC anyarray) RETURNS anyelement AS $$
    SELECT min($1[i]) FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT anyleast(10, -1, 5, 4);
 anyleast
-----
      -1
(1 row)
```

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'def');
```

```
anyleast
-----
abc
(1 row)

CREATE FUNCTION concat_values(text, VARIADIC anyarray) RETURNS text AS $$
    SELECT array_to_string($2, $1);
$$ LANGUAGE SQL;

SELECT concat_values('|', 1, 4, 2);
concat_values
-----
1|4|2
(1 row)
```

38.5.11. Функции SQL с правилами сортировки

Когда функция SQL принимает один или несколько параметров сортируемых типов данных, правило сортировки определяется при каждом вызове функции, в зависимости от правил сортировки, связанных с фактическими аргументами, как описано в Разделе 23.2. Если правило сортировки определено успешно (то есть не возникло конфликтов между неявно установленными правилами сортировки аргументов), оно неявно назначается для всех сортируемых параметров. Выбранное правило будет определять поведение операций, связанных с сортировкой, в данной функции. Например, для показанной выше функции `anyleast`, результат

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'ABC');
```

будет зависеть от правила сортировки по умолчанию, заданного в базе данных. С локалью с результатом будет строка ABC, но со многими другими локалями это будет abc. Нужно правило сортировки можно установить принудительно, добавив предложение `COLLATE` к одному из аргументов функции, например:

```
SELECT anyleast('abc'::text, 'ABC' COLLATE "C");
```

С другой стороны, если вы хотите, чтобы функция работала с определённым правилом сортировки, вне зависимости от того, с каким она была вызвана, вставьте предложения `COLLATE` где требуется в определении функции. Эта версия `anyleast` всегда будет сравнивать строки по правилам локали `en_US`:

```
CREATE FUNCTION anyleast (VARIADIC anyarray) RETURNS anyelement AS $$
    SELECT min($1[i] COLLATE "en_US") FROM generate_subscripts($1, 1) g(i);
$$ LANGUAGE SQL;
```

Но заметьте, что при попытке применить правило к несортируемому типу данных, возникнет ошибка.

Если для фактических аргументов не удаётся определить общее правило сортировки, функция SQL считает, что им назначено правило сортировки по умолчанию для их типа данных (обычно это то же правило сортировки, что определено по умолчанию для базы данных, но оно может быть и другим для параметров доменных типов).

Поведение сортируемых параметров можно воспринимать как ограниченную форму полиморфизма, применимую только к текстовым типам данных.

38.6. Перегрузка функций

Вы можете определить несколько функций с одним именем SQL, если эти функции будут принимать разные аргументы. Другими словами, имена функций можно *перегружать*. Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует предосторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3. Когда выполняется запрос, сервер определяет, какую именно функцию вызывать, по количеству и типам представ-

ных аргументов. Перегрузка может быть полезна для имитации функций с переменным количеством аргументов, до какого-то конечного числа.

Создавая семейство перегруженных функций, необходимо не допускать неоднозначности. Например, если созданы функции:

```
CREATE FUNCTION test(int, real) RETURNS ...
CREATE FUNCTION test(smallint, double precision) RETURNS ...
```

не вполне понятно, какая функция будет вызвана с довольно простыми аргументами вроде `test(1, 1.5)`. Реализованные в данный момент правила разрешения типов описаны в Главе 10, но разрабатывать систему, которая будет незаметно полагаться на такие особенности, неразумно.

Функции, принимающей один аргумент составного типа, обычно не следует давать имя, совпадающее с именем какого-либо атрибута (поля) этого типа. Вспомните, что запись `атрибут(таблица)` считается равнозначной `таблица.атрибут`. В случае, когда возникает неоднозначность между функцией, принимающей составной тип, и атрибутом составного типа, всегда будет выбираться атрибут. Этот выбор можно переопределить, дополнив имя функции схемой (то есть, записав `схема.функция(таблица)`), но лучше избежать этой проблемы, подобрав разные имена.

Другой тип конфликта возможен между обычными функциями и функциями с переменными параметрами. Например, можно создать функции `foo(numeric)` и `foo(VARIADIC numeric[])`. В этом случае будет непонятно, какая функция должна выбираться при передаче одного числового аргумента, например `foo(10.1)`. При разрешении этого конфликта предпочтение отдаётся функции, найденной первой по пути поиска, либо, если две функции находятся в одной схеме, выбирается функция с постоянными аргументами.

При перегрузке функций на языке C есть дополнительное ограничение: имя уровня C каждой функции в семействе перегруженных функций должно отличаться от имён уровня C всех других функций, как внутренних, так и загружаемых динамически. Если это правило нарушается, поведение зависит от среды. Вы можете получить ошибку компоновщика во время выполнения, либо будет вызвана не та функция (обычно внутренняя). Альтернативная форма предложения `AS` для SQL-команды `CREATE FUNCTION` позволяет отвязать имя SQL-функции от имени, определённого в исходном коде на C. Например:

```
CREATE FUNCTION test(int) RETURNS int
    AS 'имя_файла', 'test_1arg'
    LANGUAGE C;
CREATE FUNCTION test(int, int) RETURNS int
    AS 'имя_файла', 'test_2arg'
    LANGUAGE C;
```

Имена функций на C здесь следуют одному из множества возможных соглашений.

38.7. Категории изменчивости функций

Для каждой функции определяется характеристика *изменчивости*, с возможными вариантами: `VOLATILE`, `STABLE` и `IMMUTABLE`. Если эта характеристика не задаётся явно в команде `CREATE FUNCTION`, по умолчанию подразумевается `VOLATILE`. Категория изменчивости представляет собой обещание некоторого поведения функции для оптимизатора:

- Изменяемая функция (`VOLATILE`) может делать всё, что угодно, в том числе, модифицировать базу данных. Она может возвращать различные результаты при нескольких вызовах с одинаковыми аргументами. Оптимизатор не делает никаких предположений о поведении таких функций. В запросе, использующем изменяемую функцию, она будет вычисляться заново для каждой строки, когда потребуется её результат.
- Стабильная функция (`STABLE`) не может модифицировать базу данных и гарантированно возвращает одинаковый результат, получая одинаковые аргументы, для всех строк в одном операторе. Эта характеристика позволяет оптимизатору заменить множество вызовов этой функции одним. В частности, выражение, содержащее такую функцию, можно безопасно исполь-

зовать в условии поиска по индексу. (Так как при поиске по индексу целевое значение вычисляется только один раз, а не для каждой строки, использовать функцию с характеристикой `VOLATILE` в условии поиска по индексу нельзя.)

- Постоянная функция (`IMMUTABLE`) не может модифицировать базу данных и гарантированно всегда возвращает одинаковые результаты для одних и тех же аргументов. Эта характеристика позволяет оптимизатору предварительно вычислить функцию, когда она вызывается в запросе с постоянными аргументами. Например, запрос вида `SELECT ... WHERE x = 2 + 2` можно упростить до `SELECT ... WHERE x = 4`, так как нижележащая функция оператора сложения помечена как `IMMUTABLE`.

Для наилучших результатов оптимизации, функции следует назначать самую строгую характеристику изменчивости, которой она соответствует.

Любая функция с побочными эффектами *должна* быть помечена как `VOLATILE`, чтобы обращения к ней не исключались при оптимизации. Даже если функция не имеет побочных эффектов, её нужно пометить как `VOLATILE`, если её значение может меняться при выполнении одного запроса; таковы функции `random()`, `currval()` и `timeofday()`.

Другой важный пример представляет семейство функций `current_timestamp`, которые имеют характеристику `STABLE`, потому что их значения не меняются в рамках одной транзакции.

Характеристики `STABLE` и `IMMUTABLE` мало различаются, когда речь идёт о простых интерактивных запросах, которые планируются и сразу же выполняются; не имеет большого значения, будет ли функция выполнена однократно на этапе планирования или в начале выполнения. Существенное различие проявляется, когда план сохраняется и многократно используется позже. Если функция помечена как `IMMUTABLE`, тогда как на самом деле она не является постоянной, она может быть сведена к константе во время планирования, так что при последующих выполнениях плана вместо неё будет использоваться неактуальное значение. Это опасно при использовании подготовленных операторов или языков функций, кеширующих планы (например, PL/pgSQL).

У функций, написанных на SQL или на любом другом стандартном процедурном языке, есть ещё одно важное свойство, определяемое характеристикой изменчивости, а именно видимость изменений, произведённых командой SQL, которая вызывает эту функцию. Функция `VOLATILE` будет видеть такие изменения, тогда как `STABLE` и `IMMUTABLE` — нет. Это поведение реализуется посредством снимков в MVCC (см. Главу 13): `STABLE` и `IMMUTABLE` используют снимок, полученный в начале вызывающего запроса, тогда как функции `VOLATILE` получают свежий снимок в начале каждого запроса, который они выполняют.

Примечание

Функции, написанные на C, могут работать со снимками как угодно, но обычно лучше сделать так, чтобы они действовали аналогично.

Вследствие такой организации работы со снимками, функцию, содержащую только команды `SELECT`, можно безопасно пометить как `STABLE`, даже если она выбирает данные из таблиц, которые могут быть изменены параллельными запросами. PostgreSQL выполнит все команды в функции `STABLE` со снимком, полученным для вызывающего запроса, так что они будут видеть одно представление базы данных на протяжении всего запроса.

То же самое поведение со снимками распространяется на команды `SELECT` в функциях `IMMUTABLE`. Вообще в функциях `IMMUTABLE` обычно неразумно выбирать данные из таблиц, так как «постоянство» функции будет нарушено, если содержимое таблиц изменится. Однако PostgreSQL не принуждает вас явно отказаться от этого.

Одна из распространённых ошибок — пометить функцию как `IMMUTABLE`, при том, что её результаты зависят от параметра конфигурации. Например, функция, работающая с временем, может

выдавать результаты, зависящие от параметра TimeZone. Для надёжности такие функции следует помечать как STABLE.

Примечание

PostgreSQL требует, чтобы функции STABLE и IMMUTABLE не содержали SQL-команд, кроме SELECT, для предотвращения модификации данных. (Это не совсем непробиваемое ограничение, так как эти функции всё же могут вызывать функции VOLATILE, способные модифицировать базу данных. Если вы реализуете такую схему, вы увидите, что функция STABLE и IMMUTABLE не замечает изменений в базе данных, произведённых вызванной функцией, так как они не проявляются в её снимке данных.)

38.8. Функции на процедурных языках

PostgreSQL позволяет разрабатывать собственные функции и на языках, отличных от SQL и C. Эти другие языки в целом обычно называются *процедурными языками* (PL, Procedural Languages). Процедурные языки не встроены в сервер PostgreSQL; они предлагаются загружаемыми модулями. За дополнительной информацией обратитесь к Главе 42 и следующим главам.

38.9. Внутренние функции

Внутренние функции — это функции, написанные на языке C, и статически скомпонованные в исполняемый код сервера PostgreSQL. В «теле» определения функции задаётся имя функции на уровне C, которое не обязательно должно совпадать с именем, объявленным для использования в SQL. (Обратной совместимости ради, тело функции может быть пустым, что будет означать, что имя функции на уровне C совпадает с именем в SQL.)

Обычно все внутренние функции, представленные на сервере, объявляются в ходе инициализации кластера баз данных (см. Раздел 18.2), но пользователь может воспользоваться командой CREATE FUNCTION и добавить дополнительные псевдонимы для внутренней функции. Внутренние функции объявляются в CREATE FUNCTION с именем языка internal. Например, так можно создать псевдоним для функции sqrt:

```
CREATE FUNCTION square_root(double precision) RETURNS double precision
AS 'dsqrt'
LANGUAGE internal
STRICT;
```

(Большинство внутренних функций должны объявляться как «strict».)

Примечание

Не все «предопределённые» функции являются «внутренними» в вышеописанном смысле. Некоторые предопределённые функции написаны на SQL.

38.10. Функции на языке C

Пользовательские функции могут быть написаны на C (или на языке, который может быть совместим с C, например C++). Такие функции компилируются в динамически загружаемые объекты (также называемые разделяемыми библиотеками) и загружаются сервером по требованию. Именно метод динамической загрузки отличает функции «на языке C» от «внутренних» функций — правила написания кода по сути одни и те же. (Собственно, поэтому стандартная библиотека внутренних функций может быть богатым источником примеров для написания собственных функций на языке C.)

В настоящее время для функций на C применяется только одно соглашение о вызовах («версии 1»). Поддержка этого соглашения обозначается объявлением функции с макросом (PG_FUNCTION_INFO_V1), как показано ниже.

38.10.1. Динамическая загрузка

В первый раз, когда в сеансе вызывается пользовательская функция в определённом внешнем объектном файле, загрузчик динамических модулей загружает этот файл в память, чтобы можно было вызвать эту функцию. Таким образом, в команде `CREATE FUNCTION`, объявляющей пользовательскую функцию на языке C, необходимо определить две сущности для функции: имя загружаемого объектного файла и имя уровня C (символ для компоновки) заданной функции в этом объектном файле. Если имя уровня C не указано явно, предполагается, что оно совпадает с именем функции в SQL.

Для нахождения разделяемого объектного файла по имени, заданному в команде `CREATE FUNCTION`, применяется следующий алгоритм:

1. Если имя задаётся абсолютным путём, загружается заданный файл.
2. Если имя начинается со строки `$libdir`, эта часть пути заменяется путём к каталогу библиотек PostgreSQL, который определяется во время сборки.
3. Если в имени не указывается каталог, поиск файла производится по пути, заданному конфигурационной переменной `dynamic_library_path`.
4. В противном случае (файл не был найден в пути поиска, или в его имени указывается не абсолютный путь к каталогу), загрузчик попытается принять имя как есть, что, скорее всего, не увенчается успехом. (Полагаться на текущий рабочий каталог ненадёжно.)

Если эта последовательность не даёт положительный результат, к данному имени добавляется принятое на данной платформе расширение файлов библиотек (часто `.so`) и последовательность повторяется снова. Если и это не приводит к успеху, происходит сбой загрузки.

Для поиска разделяемых библиотек рекомендуется задавать либо путь относительно `$libdir`, либо путь динамических библиотек. Это упрощает обновление версии при перемещении новой инсталляции в другое место. Какой именно каталог подразумевается под `$libdir`, можно узнать с помощью команды `pg_config --pkglibdir`.

Пользователь, от имени которого работает сервер PostgreSQL, должен иметь возможность пройти путь к файлу, который требуется загрузить. Очень распространённая ошибка — когда сам файл или каталог верхнего уровня оказывается недоступным для чтения и/или исполнения для пользователя postgres.

В любом случае, имя файла, заданное в команде `CREATE FUNCTION`, записывается в системные каталоги буквально, так что если этот файл потребуется загрузить ещё раз, та же процедура будет проделана снова.

Примечание

PostgreSQL не будет компилировать функцию на C автоматически, поэтому прежде чем ссылаться на объектный файл в команде `CREATE FUNCTION`, его нужно скомпилировать. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 38.10.5.

Чтобы гарантировать, что динамически загружаемый объектный файл не будет загружен несовместимым сервером, PostgreSQL проверяет, содержит ли этот файл «отличительный блок» с требуемым содержимым. Благодаря этому сервер может выявить очевидную несовместимость, например, когда код скомпилирован для другой старшей версии PostgreSQL. Чтобы включить его в свой модуль, напишите это в одном (и только одном) из исходных файлов модуля, после включения заголовочного файла `fmgr.h`:

```
PG_MODULE_MAGIC;
```

После того как он был использован первый раз, динамически загружаемый объектный файл сохраняется в памяти. Следующие обращения в том же сеансе к функциям в этом файле повлекут только небольшие издержки, связанные с поиском в таблице символов. Если вам нужно принудительно перезагрузить объектный файл, например, после перекомпиляции, начните новый сеанс.

Динамически загружаемый файл может дополнительно содержать функции инициализации и завершения работы библиотеки. Если в файле находится функция с именем `_PG_init`, эта функция будет вызвана сразу после загрузки файла. Эта функция не принимает параметры и не должна ничего возвращать. Если в файле находится функция `_PG_fini`, эта функция будет вызвана непосредственно перед выгрузкой файла. Эта функция так же не принимает параметры и не должна ничего возвращать. Заметьте, что `_PG_fini` будет вызываться только при выгрузке файла, но не при завершении процесса. (В настоящее время выгрузка отключена и не происходит никогда, но в будущем это может измениться.)

38.10.2. Базовые типы в функциях на языке C

Чтобы понимать, как написать функцию на языке C, вы должны знать, как внутри PostgreSQL представляются базовые типы данных и как их могут принимать и передавать функции. PostgreSQL внутри воспринимает базовые типы как «блоки памяти». Пользовательские функции, устанавливаемые для типов, в свою очередь, определяют, как PostgreSQL может работать с этими типами. То есть, PostgreSQL только сохраняет и загружает данные с диска, а для ввода, обработки и вывода данных он использует определяемые вами функции.

Базовые типы могут иметь один из трёх внутренних форматов:

- передаётся по значению, фиксированной длины
- передаётся по ссылке, фиксированной длины
- передаётся по ссылке, переменной длины

Типы, передаваемые по значению, могут иметь размер только 1, 2 или 4 байта (и 8 байт, если `sizeof(Datum)` равен 8 на вашей машине). Определяя собственные типы, следует позаботиться о том, чтобы они имели одинаковый размер (в байтах) во всех архитектурах. Например, тип `long` опасен, так как он имеет размер 4 байта на одних машинах, и 8 байт на других, тогда как тип `int` состоит из 4 байт в большинстве систем Unix. Поэтому разумной реализацией типа `int4` на платформе Unix может быть такая:

```
/* 4-байтное целое, передаётся по значению */
typedef int int4;
```

(В коде собственно PostgreSQL этот тип называется `int32`, так как в C принято соглашение, что `intXX` подразумевает `XX` *бит*. Заметьте, что вследствие этого тип `int8` в C имеет размер 1 байт. Тип `int8`, принятый в SQL, в C называется `int64`. См. также Таблицу 38.1.)

С другой стороны, типы фиксированной длины любого размера можно передавать по ссылке. Например, взгляните на пример реализации типа PostgreSQL:

```
/* 16-байтная структура, передаётся по ссылке */
typedef struct
{
    double   x, y;
} Point;
```

В функции PostgreSQL и из них могут передаваться только указатели на такие типы. Чтобы вернуть значение такого типа, выделите для него нужное количество памяти функцией `palloc`, заполните выделенную память и верните указатель на неё. (Если вы захотите просто вернуть то же значение, что было получено во входном аргументе этого же типа данных, вы можете пропустить дополнительный вызов `palloc` и просто вернуть указатель на это поступившее значение.)

Наконец, все типы переменной длины также должны передаваться по ссылке. Все типы переменной длины должны начинаться с обязательного поля длины размером ровно 4 байта, которая будет задаваться макросом `SET_VARSIZE`; никогда не устанавливайте это поле вручную! Все данные, которые будут храниться в этом типе, должны размещаться в памяти непосредственно за этим полем длины. Поле длины содержит полную длину структуры, то есть включает размер самого поля длины.

Ещё один важный момент — старайтесь не оставлять неинициализированных байт в значениях данных; например, обнуляйте все возможные байты выравнивания, которые могут присутствовать в структурах. Если этого не делать, логически равные значения ваших данных могут представляться неравными планировщику, что приведёт к построению неэффективных (хотя и корректных) планов.

Предупреждение

Никогда не изменяйте содержимое, передаваемое на вход по ссылке. Если вы сделаете это, вы скорее всего испортите данные на диске, так как полученный вами указатель указывает непосредственно на место в дисковом буфере. Единственное исключение из этого правила освещается в Разделе 38.11.

В качестве примера мы можем определить тип `text` так:

```
typedef struct {
    int32 length;
    char data[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER];
} text;
```

Запись `[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER]` означает, что действительная длина массива данных в этом объявлении не указывается.

Работая с типами переменной длины, мы должны аккуратно выделить нужный объём памяти и записать его размер в поле длины. Например, если нужно сохранить 40 байт в структуре `text`, можно применить такой код:

```
#include "postgres.h"
...
char buffer[40]; /* our source data */
...
text *destination = (text *) palloc(VARHDRSZ + 40);
SET_VARSIZE(destination, VARHDRSZ + 40);
memcpy(destination->data, buffer, 40);
...
```

`VARHDRSZ` совпадает с `sizeof(int32)`, но для получения размера заголовка типа переменной длины хорошим стилем считается применять макрос `VARHDRSZ`. Кроме того, поле длины *должно* устанавливаться макросом `SET_VARSIZE`, а не простым присваиванием.

В Таблице 38.1 указано, какие типы языка C соответствуют типам SQL при написании функций на C с использованием встроенных типов PostgreSQL. В столбце «Определён в» указывается, какой заголовочный файл необходимо подключить, чтобы получить определение типа. (Фактическое определение может быть в другом файле, который подключается из указанного, однако рекомендуется придерживаться обозначенного интерфейса.) Заметьте, что в любом исходном файле всегда необходимо первым включать `postgres.h`, так как в нём объявляется ряд вещей, которые нужны в любом случае.

Таблица 38.1. Типы C, эквивалентные встроенным типам SQL

Тип SQL	Тип C	Определён в
abstime	AbsoluteTime	utils/nabstime.h

Тип SQL	Тип C	Определён в
bigint (int8)	int64	postgres.h
boolean	bool	postgres.h (может быть встроен в компиляторе)
box	BOX*	utils/geo_decls.h
bytea	bytea*	postgres.h
"char"	char	(встроен в компиляторе)
character	BpChar*	postgres.h
cid	CommandId	postgres.h
date	DateADT	utils/date.h
smallint (int2)	int16	postgres.h
int2vector	int2vector*	postgres.h
integer (int4)	int32	postgres.h
real (float4)	float4*	postgres.h
double precision (float8)	float8*	postgres.h
interval	Interval*	datatype/timestamp.h
lseg	LSEG*	utils/geo_decls.h
name	Name	postgres.h
oid	Oid	postgres.h
oidvector	oidvector*	postgres.h
path	PATH*	utils/geo_decls.h
point	POINT*	utils/geo_decls.h
regproc	regproc	postgres.h
reltime	RelativeTime	utils/nabstime.h
text	text*	postgres.h
tid	ItemPointer	storage/itemptr.h
time	TimeADT	utils/date.h
time with time zone	TimeTzADT	utils/date.h
timestamp	Timestamp*	datatype/timestamp.h
tinterval	TimeInterval	utils/nabstime.h
varchar	VarChar*	postgres.h
xid	TransactionId	postgres.h

Теперь, когда мы рассмотрели все возможные структуры для базовых типов, мы можем перейти к примерам реальных функций.

38.10.3. Соглашение о вызовах версии 1

Соглашение о вызовах версии 1 полагается на макросы, скрывающие основную долю сложностей, связанных с передачей аргументов и результатов. По соглашению версии 1 функция на C должна всегда определяться так:

```
Datum funcname(PG_FUNCTION_ARGS)
```

В дополнение к этому, в том же исходном файле должен присутствовать вызов макроса:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(funcname);
```

(Обычно его принято записывать непосредственно перед функцией.) Этот вызов макроса не нужен для функций `internal`, так как PostgreSQL предполагает, что все внутренние функции используют соглашения версии 1. Однако для функций, загружаемых динамически, этот макрос необходим.

В функции версии 1 каждый аргумент выбирается макросом `PG_GETARG_xxx()`, который соответствует типу данных аргумента. В нестрогих функциях этому вызову должна предшествовать проверка на NULL в аргументе с использованием `PG_ARGNULL_xxx()`. Результат возвращается макросом `PG_RETURN_xxx()` для возвращаемого типа. `PG_GETARG_xxx()` принимает в качестве параметра номер выбираемого аргумента функции (нумерация начинается с 0). `PG_RETURN_xxx()` принимает фактическое значение, которое нужно вернуть.

Несколько примеров использования соглашения о вызовах версии 1:

```
#include "postgres.h"
#include <string.h>
#include "fmgr.h"
#include "utils/geo_decls.h"

PG_MODULE_MAGIC;

/* by value */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one);

Datum
add_one(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    int32    arg = PG_GETARG_INT32(0);

    PG_RETURN_INT32(arg + 1);
}

/* by reference, fixed length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(add_one_float8);

Datum
add_one_float8(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    /* The macros for FLOAT8 hide its pass-by-reference nature. */
    float8    arg = PG_GETARG_FLOAT8(0);

    PG_RETURN_FLOAT8(arg + 1.0);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(makepoint);

Datum
makepoint(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    /* Here, the pass-by-reference nature of Point is not hidden. */
    Point     *pointx = PG_GETARG_POINT_P(0);
    Point     *pointy = PG_GETARG_POINT_P(1);
    Point     *new_point = (Point *) palloc(sizeof(Point));

    new_point->x = pointx->x;
    new_point->y = pointy->y;
```

```

    PG_RETURN_POINT_P(new_point);
}

/* by reference, variable length */

PG_FUNCTION_INFO_V1(copytext);

Datum
copytext(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    text      *t = PG_GETARG_TEXT_PP(0);

    /*
     * VARSIZE_ANY_EXHDR is the size of the struct in bytes, minus the
     * VARHDRSZ or VARHDRSZ_SHORT of its header. Construct the copy with a
     * full-length header.
     */
    text      *new_t = (text *) palloc(VARSIZE_ANY_EXHDR(t) + VARHDRSZ);
    SET_VARSIZE(new_t, VARSIZE_ANY_EXHDR(t) + VARHDRSZ);

    /*
     * VARDATA is a pointer to the data region of the new struct. The source
     * could be a short datum, so retrieve its data through VARDATA_ANY.
     */
    memcpy((void *) VARDATA(new_t), /* destination */
           (void *) VARDATA_ANY(t), /* source */
           VARSIZE_ANY_EXHDR(t)); /* how many bytes */
    PG_RETURN_TEXT_P(new_t);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1(concat_text);

Datum
concat_text(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    text *arg1 = PG_GETARG_TEXT_PP(0);
    text *arg2 = PG_GETARG_TEXT_PP(1);
    int32 arg1_size = VARSIZE_ANY_EXHDR(arg1);
    int32 arg2_size = VARSIZE_ANY_EXHDR(arg2);
    int32 new_text_size = arg1_size + arg2_size + VARHDRSZ;
    text *new_text = (text *) palloc(new_text_size);

    SET_VARSIZE(new_text, new_text_size);
    memcpy(VARDATA(new_text), VARDATA_ANY(arg1), arg1_size);
    memcpy(VARDATA(new_text) + arg1_size, VARDATA_ANY(arg2), arg2_size);
    PG_RETURN_TEXT_P(new_text);
}

```

В предположении, что приведённый выше код был подготовлен в файле `funcs.c` и скомпилирован в разделяемый объект, мы можем объявить эти функции в PostgreSQL следующими командами:

```

CREATE FUNCTION add_one(integer) RETURNS integer
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'add_one'
LANGUAGE C STRICT;

-- обратите внимание — это перегрузка SQL-функции "add_one"
CREATE FUNCTION add_one(double precision) RETURNS double precision
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'add_one_float8'

```

```
LANGUAGE C STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION makepoint(point, point) RETURNS point
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'makepoint'
LANGUAGE C STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION copytext(text) RETURNS text
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'copytext'
LANGUAGE C STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION concat_text(text, text) RETURNS text
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'concat_text'
LANGUAGE C STRICT;
```

Здесь *КАТАЛОГ* — это путь к каталогу, в который помещён разделяемый библиотечный файл (например, каталог учебных материалов (tutorial) в исходном коде PostgreSQL, содержащий код примеров, использованных в этом разделе). (Лучше было бы просто написать 'funcs' в предложении AS, предварительно добавив *КАТАЛОГ* в путь поиска. В любом случае, мы можем опустить принятое в системе расширение файлов разделяемых библиотек, обычно .so.)

Заметьте, что мы объявили эти функции как «strict» (строгие) — это означает, что система будет автоматически подразумевать результат NULL, если в одном из входных значений передаётся NULL. Благодаря этому, мы избегаем необходимости проверять входные значения на NULL в коде функции. Без такого объявления нам пришлось бы явно проверять параметры на NULL, используя PG_ARGISNULL().

На первый взгляд соглашения о вызовах версии 1 могут показаться всего лишь бессмысленным мракобесием, по сравнению с соглашениями простого C. Однако они позволяют работать с аргументами и возвращаемыми значениями, в которых может передаваться NULL, а также со значениями в формате TOAST (сжатыми или хранимыми отдельно).

Макрос PG_ARGISNULL(*n*) позволяет функции проверить на NULL каждый из её аргументов. (Разумеется, это нужно делать только в функциях, объявленных без характеристики «strict».) Как и с макросом PG_GETARG_xxx(), входные аргументы нумеруются, начиная с нуля. Заметьте, что не следует обращаться к макросу PG_GETARG_xxx(), не убедившись, что соответствующий аргумент не NULL. Чтобы вернуть NULL в качестве результата, воспользуйтесь макросом PG_RETURN_NULL(); это работает и со строгими, и с нестрогими функциями.

Кроме того, в интерфейсе версии 1 появились две вариации макроса PG_GETARG_xxx(). Первая вариация, PG_GETARG_xxx_COPY(), гарантированно возвращает копию указанного аргумента, которую можно безопасно модифицировать. (Обычный макрос иногда возвращает указатель на значение, которое физически хранится в таблице, в которую нельзя писать. С макросом PG_GETARG_xxx_COPY() гарантированно получается результат, доступный для записи.) Вторая вариация представлена макросом PG_GETARG_xxx_SLICE(), принимающим три параметра. В первом передаётся номер аргумента функции (как и раньше). Во втором и третьем передаётся смещение и длина сегмента, который должен быть возвращён. Смещение отсчитывается с нуля, а отрицательная длина указывает, что запрашивается оставшаяся часть значения. Эти макросы дают более эффективный доступ к частям больших значений, имеющих тип хранения «external». (Тип хранения столбца может задаваться командой ALTER TABLE *имя_таблицы* ALTER COLUMN *имя_столбца* SET STORAGE *тип_хранения*, где *тип_хранения*: plain, external, extended или main.)

Наконец соглашения о вызовах версии 1 позволяют возвращать множества (Подраздел 38.10.8) и реализовывать триггерные функции (Глава 39) и обработчики вызовов процедурных языков (Глава 56). Дополнительные подробности можно найти в src/backend/utils/fmgr/README в пакете исходного кода.

38.10.4. Написание кода

Прежде чем перейти к более сложным темам, мы должны обсудить некоторые правила написания кода функций на языке C для PostgreSQL. Хотя принципиально можно загружать в PostgreSQL

функции, написанные на языках, отличных от С, обычно это довольно сложно (когда вообще возможно), так как другие языки, например С++, FORTRAN или Pascal часто не следуют соглашениям, принятым в С. То есть другие языки могут передавать аргументы и возвращаемые значения между функциями разными способами. Поэтому далее предполагается, что ваши функции на языке С действительно написаны на С.

Основные правила написания и компиляции функций на С таковы:

- Чтобы выяснить, где находятся заголовочные файлы сервера PostgreSQL, установленные в вашей системе (или в системе, с которой будут работать ваши пользователи), воспользуйтесь командой `pg_config --includedir-server`.
- Для компиляции и компоновки кода, который можно будет динамически загрузить в PostgreSQL, требуется указать специальные флаги. Чтобы конкретнее узнать, как это сделать в вашей конкретной операционной системе, обратитесь к Подразделу 38.10.5.
- Не забудьте определить «отличительный блок» для вашей разделяемой библиотеки, как описано в Подразделе 38.10.1.
- Для выделения памяти используйте функцию PostgreSQL `palloc`, а для освобождения `pfree`, вместо соответствующих функций библиотеки С `malloc` и `free`. Память, выделяемая функцией `palloc`, будет автоматически освобождаться в конце каждой транзакции, во избежание утечек памяти.
- Всегда обнуляйте байты ваших структур, применяя `memset` (или сразу выделяйте память функцией `palloc0`). Даже если вы присвоите значение каждому полю структуры, в ней могут оставаться байты выравнивания (пустоты в структуре), содержащие случайные значения. Если исключить это требование, будет сложно поддерживать индексы или соединение по хешу, так как для вычисления хеша придётся выбирать только значащие биты из вашей структуры данных. Планировщик также иногда полагается на побитовое сравнение констант, так что результаты планирования могут оказаться неожиданными, если логически равные значения окажутся неравными на битовом уровне.
- Большинство внутренних типов PostgreSQL объявлены в `postgres.h`, тогда как интерфейс менеджера функций (`PG_FUNCTION_ARGS` и т. д.) определён в `fmgr.h`, так что потребуется подключить как минимум два этих файла. По соображениям портируемости, лучше включить `postgres.h` *первым*, до каких-либо других системных или пользовательских файлов заголовков. При подключении `postgres.h` автоматически также будут подключены `elog.h` и `palloc.h`.
- Имена символов, определённые в объектных файлах, не должны конфликтовать друг с другом или с именами других символов, определённых в исполняемых файлах сервера PostgreSQL. Если вы столкнётесь с ошибками, вызванными таким конфликтом, вам придётся переименовать ваши функции или переменные.

38.10.5. Компиляция и компоновка динамически загружаемых функций

Прежде чем вы сможете использовать ваши написанные на С функции, расширяющие возможности PostgreSQL, их необходимо скомпилировать и скомпоновать особым образом, чтобы сервер мог динамически загрузить полученный файл. Точнее говоря, вам необходимо создать *разделяемую библиотеку*.

За подробной информацией, дополняющей и поясняющей то, что описано в этом разделе, вам следует обратиться к документации вашей операционной системы, в частности, к страницам руководства компилятора С, `cc`, и компоновщика, `ld`. Кроме того, ряд рабочих примеров можно найти в каталоге `contrib` исходного кода PostgreSQL. Однако, если вы непосредственно воспользуетесь этими примерами, ваши модули окажутся зависимыми от наличия исходного кода PostgreSQL.

Создание разделяемых библиотек в принципе не отличается от сборки исполняемых файлов: сначала исходные файлы компилируются в объектные, а затем объектные связываются вместе. Объектные файлы должны создаваться так, чтобы они содержали *позиционно-независимый* код (PIC,

position-independent code), что означает, что при загрузке для выполнения этот код может быть помещён в любое место в памяти. (Объектные файлы, предназначенные для сборки непосредственно исполняемых файлов, обычно собираются не так.) Команда для компоновки разделяемой библиотеки принимает специальные флаги, что отличают её от компоновки исполняемого файла (по крайней мере в теории — в некоторых системах реальность не так прекрасна).

В следующих примерах предполагается, что исходный код находится в файле `foo.c` и мы будем создавать разделяемую библиотеку `foo.so`. Промежуточный объектный файл будет называться `foo.o`, если не отмечено другое. Разделяемая библиотека может включать больше одного объектного файла, но здесь мы ограничимся одним.

FreeBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Чтобы создать разделяемую библиотеку, используется флаг компилятора `-shared`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

Это применимо как минимум к FreeBSD версии 3.0.

HP-UX

Для создания кода PIC системному компилятору передаётся флаг `+z`, а компилятору GCC — флаг `-fPIC`. Чтобы создать разделяемые библиотеки, используется флаг компоновщика `-b`. Таким образом, нужно выполнить:

```
cc +z -c foo.c
или:
gcc -fPIC -c foo.c
а затем:
ld -b -o foo.sl foo.o
```

В HP-UX, в отличие от многих других систем, для разделяемых библиотек выбрано расширение `.sl`.

Linux

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Для создания разделяемой библиотеки компилятору передаётся флаг `-shared`. Полный пример будет выглядеть так:

```
cc -fPIC -c foo.c
cc -shared -o foo.so foo.o
```

macOS

Следующий пример показывает нужные команды, в предположении, что установлены инструменты разработчика.

```
cc -c foo.c
cc -bundle -flat_namespace -undefined suppress -o foo.so foo.o
```

NetBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`. Для компоновки разделяемых библиотек в системах ELF компилятору передаётся флаг `-shared`, а в старых системах, не поддерживающих ELF, применяется команда `ld -Bshareable`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -shared -o foo.so foo.o
```

OpenBSD

Для создания кода PIC компилятору передаётся флаг `-fPIC`, а для компоновки разделяемых библиотек применяется команда `ld -Bshareable`.

```
gcc -fPIC -c foo.c
ld -Bshareable -o foo.so foo.o
```

Solaris

Для создания кода PIC компилятору Sun передаётся флаг `-KPIC`, а компилятору GCC — флаг `-fPIC`. Для компоновки разделяемой библиотеки можно передать обоим компиляторам флаг `-G` либо передать флаг `-shared` компилятору GCC.

```
cc -KPIC -c foo.c
cc -G -o foo.so foo.o
```

или

```
gcc -fPIC -c foo.c
gcc -G -o foo.so foo.o
```

Подсказка

Если это слишком сложно для вас, попробуйте использовать средство *GNU Libtool*, которое скрывает различия платформ за единым интерфейсом.

Полученную разделяемую библиотеку можно будет затем загрузить в PostgreSQL. Когда команде `CREATE FUNCTION` передаётся имя файла, это должно быть имя файла разделяемой библиотеки, а не промежуточного объектного файла. Заметьте, что принятое в системе расширение файлов библиотек (как правило, `.so` или `.sl`) в команде `CREATE FUNCTION` можно опустить, и так обычно следует делать для лучшей портируемости.

Чтобы уточнить, где сервер будет искать файлы разделяемых библиотек, вернитесь к Подразделу 38.10.1.

38.10.6. Аргументы составного типа

Составные типы не имеют фиксированного макета данных, как структуры C. В частности, экземпляры составного типа могут содержать поля NULL. Кроме того, в контексте наследования составные типы могут иметь разные поля для разных членов в одной иерархии наследования. Поэтому PostgreSQL предоставляет функциям специальный интерфейс для обращения к полям составных типов из C.

Предположим, что мы хотим написать функцию, отвечающую на запрос:

```
SELECT name, c_overpaid(emp, 1500) AS overpaid
FROM emp
WHERE name = 'Bill' OR name = 'Sam';
```

С соглашениями о вызовах версии 1 мы можем определить функцию `c_overpaid` так:

```
#include "postgres.h"
#include "executor/executor.h" /* for GetAttributeByName() */

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(c_overpaid);

Datum
c_overpaid(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    HeapTupleHeader t = PG_GETARG_HEAPTUPLEHEADER(0);
    int32          limit = PG_GETARG_INT32(1);
    bool isnull;
    Datum salary;
```

```
salary = GetAttributeByName(t, "salary", &isnull);
if (isnull)
    PG_RETURN_BOOL(false);
/* Alternatively, we might prefer to do PG_RETURN_NULL() for null salary. */

PG_RETURN_BOOL(DatumGetInt32(salary) > limit);
}
```

`GetAttributeByName` — это системная функция PostgreSQL, которая возвращает атрибуты указанной строки. Она принимает три параметра: аргумент типа `HeapTupleHeader`, имя нужного атрибута и выходной параметр, устанавливаемый, если значение атрибута — `NULL`. `GetAttributeByName` возвращает значение `Datum`, которое вы можете привести к подходящему типу данных, используя соответствующий макрос `DatumGetXXX()`. Заметьте, что возвращаемое значение недействительно, если установлен флаг `null`; всегда проверяйте этот флаг, прежде чем что-либо делать с результатом.

Есть также функция `GetAttributeByNum`, которая выбирает целевой атрибут не по имени, а по номеру столбца.

Следующая команда объявляет функцию `c_overpaid` в SQL:

```
CREATE FUNCTION c_overpaid(emp, integer) RETURNS boolean
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'c_overpaid'
LANGUAGE C STRICT;
```

Заметьте, что мы использовали `STRICT`, чтобы нам не пришлось проверять входные аргументы на равенство `NULL`.

38.10.7. Возврат строк (составных типов)

Чтобы вернуть строку или значение составного типа из функции на языке C, можно использовать специальный API, предоставляющий макросы и функции, скрывающие основную сложность формирования составных типов данных. Для использования этого API необходимо включить в исходный файл:

```
#include "funcapi.h"
```

Сформировать значение составного типа (далее «кортеж») можно двумя способами: его можно построить из массива значений `Datum`, или из массива строк C, которые будут переданы функциям преобразования ввода для типов столбцов кортежа. В любом случае, сначала нужно получить или сконструировать дескриптор `TupleDesc` для структуры кортежа. Работая со значениями `Datum`, вы передаёте `TupleDesc` функции `BlessTupleDesc`, а затем вызываете `heap_form_tuple` для каждой строки. Работая со строками C, вы передаёте `TupleDesc` функции `TupleDescGetAttInMetadata`, а затем для каждой строки вызываете `BuildTupleFromCStrings`. В случае функции, возвращающей множество кортежей, все подготовительные действия можно выполнить один раз при первом вызове функции.

Для получения требуемого дескриптора `TupleDesc` предлагается несколько дополнительных функций. Рекомендованный способ возврата составных значений заключается в вызове функции:

```
TypeFuncClass get_call_result_type(FunctionCallInfo fcinfo,
                                   Oid *resultTypeId,
                                   TupleDesc *resultTupleDesc)
```

При этом в `fcinfo` должна передаваться та же структура, что была передана самой вызывающей функцией. (Для этого, конечно, необходимо использовать соглашения о вызовах версии 1.) В `resultTypeId` можно передать `NULL` или адрес локальной переменной, в которую будет записан OID типа результата функции. В `resultTupleDesc` должен передаваться адрес локальной переменной `TupleDesc`. Убедить, что функция возвратила результат `TYPEFUNC_COMPOSITE`; в этом случае, в `resultTupleDesc` оказывается требуемая структура `TupleDesc`. (Если получен другой результат, вы

можете выдать ошибку с сообщением «функция, возвращающая запись, вызвана в контексте, не допускающем этот тип».)

Подсказка

`get_call_result_type` позволяет получить фактический тип результата полиморфной функции, так что она полезна и в функциях, возвращающих скалярные полиморфные результаты, не только в функциях, возвращающих составные типы. Выходной параметр `resultTypeId` полезен в первую очередь для полиморфных скалярных функций.

Примечание

В дополнение к `get_call_result_type` есть схожая функция `get_expr_result_type`, позволяющая получить ожидаемый тип результата для вызова функции, представленного деревом выражения. Её можно использовать, когда тип результата нужно определить извне самой функции. Есть также функция `get_func_result_type`, которую можно применять, когда известен только OID функции. Однако эти две функции неспособны выдать тип результата функций, возвращающих `record`, а `get_func_result_type` неспособна разрешать полиморфные типы, так что вместо них лучше использовать `get_call_result_type`.

Ранее для получения `TupleDesc` использовались теперь уже устаревшие функции:

```
TupleDesc RelationNameGetTupleDesc(const char *relname)
```

(возвращает `TupleDesc` для типа строк указанного отношения) и:

```
TupleDesc TypeGetTupleDesc(Oid typeoid, List *colaliases)
```

(возвращает `TupleDesc` для типа, задаваемого по OID). Применяя её, можно получить `TupleDesc` для базового или составного типа. Однако она не подойдёт для функции, возвращающей тип `record`, и не сможет разрешить полиморфные типы.

Получив `TupleDesc`, вызовите:

```
TupleDesc BlessTupleDesc(TupleDesc tupdesc)
```

если вы планируете работать со структурами `Datum`, либо:

```
AttInMetadata *TupleDescGetAttInMetadata(TupleDesc tupdesc)
```

если планируете работать со строками C. Если вы разрабатываете функцию, возвращающую набор данных, вы можете сохранить результаты этих функций в структуре `FuncCallContext`, в поле `tuple_desc` или `attinmeta`, соответственно.

Если вы работаете со структурами `Datum`, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTuple heap_form_tuple(TupleDesc tupdesc, Datum *values, bool *isnull)
```

Она формирует `HeapTuple` из переданных ей данных в форме `Datum`.

Если вы работаете со строками C, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTuple BuildTupleFromCStrings(AttInMetadata *attinmeta, char **values)
```

Она формирует `HeapTuple` из переданных ей данных в виде строк C. В параметре `values` ей передаётся массив строк C, по одной для каждого атрибута выходной строки. Каждая из этих строк должна иметь формат, принимаемый функцией ввода типа данных атрибута. Чтобы задать значение NULL для одного из этих атрибутов, вместо соответствующего указателя в массиве `values` нужно передать NULL. Эту функцию нужно вызывать для каждой строки, которую вы будете возвращать.

Получив кортеж, который вы будете возвращать из вашей функции, вы должны преобразовать его в тип `Datum`. Чтобы преобразовать `HeapTuple` в `Datum`, воспользуйтесь функцией:

```
HeapTupleGetDatum(HeapTuple tuple)
```

Полученный тип `Datum` можно вернуть непосредственно, если должна возвращаться только одна строка, либо использовать как текущее выдаваемое значение в функции, возвращающей набор строк.

Пример приведён в следующем разделе.

38.10.8. Возврат множеств

Есть также специальный интерфейс, который позволяет функциям на С возвращать множества (несколько строк). Функции, возвращающие множества, должны следовать соглашению о вызовах версии 1. Кроме того, соответствующие исходные файлы должны включать `funcapi.h`, как показано выше.

Функция, возвращающая множество (SRF, Set-Returning Function), вызывается каждый раз для очередной записи. Таким образом, SRF должна сохранять достаточно информации о состоянии, чтобы понимать, что она делает, и выдать очередную запись при следующем вызове. Для облегчения управления этим процессом представлена структура `FuncCallContext`. Для кода функции указатель на эту структуру `FuncCallContext` сохраняется между вызовами в поле `fcinfo->flinfo->fn_extra`.

```
typedef struct FuncCallContext
{
    /*
     * Счётчик числа ранее выполненных вызовов
     *
     * call_cntr сбрасывается в 0 макросом SRF_FIRSTCALL_INIT() и
     * увеличивается на 1 каждый раз, когда вызывается SRF_RETURN_NEXT().
     */
    uint64 call_cntr;

    /*
     * Максимальное число вызовов (может не использоваться)
     *
     * max_calls не является обязательным и присутствует здесь только для удобства.
     * Если это значение не задано, вы должны предоставить другую возможность
определить,
     * когда функция завершила свою работу.
     */
    uint64 max_calls;

    /*
     * Указатель на слот результата (может не использоваться)
     *
     * Это поле устарело и представлено только для обратной совместимости, а именно,
     * для пользовательских SRF, использующих устаревшую TupleDescGetSlot().
     */
    TupleTableSlot *slot;

    /*
     * Указатель на разнообразную контекстную информацию,
     * представленную пользователем; (может не использоваться)
     *
     * user_fctx используется как указатель на ваши собственные данные,
     * позволяющий сохранить контекстную информацию между вызовами функции.
     */
    void *user_fctx;
```

```

/*
 * Указатель на структуру, содержащую метаданные ввода типа атрибута
 * (может не использоваться)
 *
 * attinmeta задействуется, когда возвращаются кортежи (т. е. составные типы
данных),
 * и не применяется для возврата базовых типов. Он нужен, только если
 * вы планируете использовать BuildTupleFromCStrings() для формирования
возвращаемого
 * кортежа.
 */
AttInMetadata *attinmeta;

/*
 * Контекст памяти, нужный для структур, которые должны сохраняться при нескольких
вызовах
 *
 * Поле multi_call_memory_ctx заполняется в SRF_FIRSTCALL_INIT() и используется
 * в SRF_RETURN_DONE() для очистки. Это наиболее подходящий контекст
 * для любых блоков памяти, которые должны многократно использоваться при
 * повторных вызовах SRF.
 */
MemoryContext multi_call_memory_ctx;

/*
 * Указатель на структуру, содержащую описание кортежа (может не использоваться)
 *
 * tuple_desc задействуется, когда возвращаются кортежи (т. е. составные типы),
 * и нужен только, если вы планируете формировать кортежи с помощью функции
 * heap_form_tuple(), а не BuildTupleFromCStrings(). Заметьте, что сохраняемый
 * здесь указатель TupleDesc обычно должен сначала пройти через вызов
 * BlessTupleDesc().
 */
TupleDesc tuple_desc;

} FuncCallContext;

```

В SRF применяются различные функции и макросы, автоматически манипулирующие структурой `FuncCallContext` (они обращаются к ней через `fn_extra`). В частности, чтобы определить, была ли функция вызвана в первый или последующий раз, используйте:

`SRF_IS_FIRSTCALL()`

Чтобы инициализировать `FuncCallContext` при первом вызове (и только), используйте:

`SRF_FIRSTCALL_INIT()`

Чтобы подготовиться к использованию `FuncCallContext` и очистить все ранее возвращённые данные, оставшиеся после предыдущего прохода, при каждом вызове функции, в том числе, первом, выполните:

`SRF_PERCALL_SETUP()`

Если у вашей функции есть данные, которые нужно вернуть, выполните:

`SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result)`

для того, чтобы выдать их вызывающему. (Переменная `result` должна быть типа `Datum`, либо одним значением, либо кортежем, подготовленным как описано выше.) Наконец, когда ваша функция закончила возвращать данные, выполните:

`SRF_RETURN_DONE(funcctx)`

для того, чтобы провести очистку и завершить SRF.

Контекст памяти, в котором вызывается SRF, временный, он будет очищаться между вызовами. Это значит, что вам не нужно вызывать `pfree` для всех блоков памяти, которые вы получили через `palloc`; они всё равно будут освобождены. Однако, если вы хотите выделить структуры данных и сохранить их между вызовами, вам нужно разместить их где-то в другом месте. Для размещения таких данных, которые не должны уничтожаться, пока SRF не закончит работу, подходит контекст памяти, на который указывает `multi_call_memory_ctx`. В большинстве случаев это означает, что вы должны переключиться в контекст `multi_call_memory_ctx` в коде подготовки при первом вызове.

Предупреждение

Тогда как фактические аргументы такой функции не меняются от вызова к вызову, если вы распаковываете значения аргументов (что обычно прозрачно делают макросы `PG_GETARG_xxx`) во временном контексте, распакованные копии будут освобождаться при каждом вызове. Соответственно, если вы сохраните ссылки на такие значения в своём контексте `user_fctx`, вы должны либо скопировать эти значения в `multi_call_memory_ctx` после распаковки, либо распаковывать значения только в этом контексте.

Полный пример с псевдокодом будет выглядеть так:

```
Datum
my_set_returning_function(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    FuncCallContext *funcctx;
    Datum          result;
    другие необходимые объявления

    if (SRF_IS_FIRSTCALL())
    {
        MemoryContext oldcontext;

        funcctx = SRF_FIRSTCALL_INIT();
        oldcontext = MemoryContextSwitchTo(funcctx->multi_call_memory_ctx);
        /* Здесь размещается код подготовки при первом вызове: */
        некоторый код
        если возвращается составной тип
            получить TupleDesc и, возможно, AttInMetadata
        конец ветвления для составного типа
        некоторый код
        MemoryContextSwitchTo(oldcontext);
    }

    /* Здесь размещается код подготовки для каждого вызова: */
    некоторый код
    funcctx = SRF_PERCALL_SETUP();
    некоторый код

    /* это только один способ определить, не пора ли закончить работу: */
    if (funcctx->call_cntr < funcctx->max_calls)
    {
        /* Здесь мы хотим вернуть следующий результат: */
        некоторый код
        получить результирующий Datum
        SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result);
    }
}
```

```

    }
else
{
    /* Здесь мы заканчиваем выдавать результаты и нам нужно провести очистку: */
    некоторый код
    SRF_RETURN_DONE(funcctx);
}
}

```

Полный пример простой SRF-функции, возвращающей составной тип, выглядит так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(retcomposite);
```

```
Datum
```

```
retcomposite(PG_FUNCTION_ARGS)
```

```

{
    FuncCallContext    *funcctx;
    int                 call_cntr;
    int                 max_calls;
    TupleDesc           tupdesc;
    AttInMetadata       *attinmeta;

    /* stuff done only on the first call of the function */
    if (SRF_IS_FIRSTCALL())
    {
        MemoryContext    oldcontext;

        /* create a function context for cross-call persistence */
        funcctx = SRF_FIRSTCALL_INIT();

        /* switch to memory context appropriate for multiple function calls */
        oldcontext = MemoryContextSwitchTo(funcctx->multi_call_memory_ctx);

        /* total number of tuples to be returned */
        funcctx->max_calls = PG_GETARG_UINT32(0);

        /* Build a tuple descriptor for our result type */
        if (get_call_result_type(fcinfo, NULL, &tupdesc) != TYPEFUNC_COMPOSITE)
            ereport(ERROR,
                    (errcode(ERRCODE_FEATURE_NOT_SUPPORTED),
                     errmsg("function returning record called in context "
                            "that cannot accept type record")));

        /*
         * generate attribute metadata needed later to produce tuples from raw
         * C strings
         */
        attinmeta = TupleDescGetAttInMetadata(tupdesc);
        funcctx->attinmeta = attinmeta;

        MemoryContextSwitchTo(oldcontext);
    }

    /* stuff done on every call of the function */
    funcctx = SRF_PERCALL_SETUP();

    call_cntr = funcctx->call_cntr;
    max_calls = funcctx->max_calls;
    attinmeta = funcctx->attinmeta;
}

```



```

if (call_cntr < max_calls)      /* do when there is more left to send */
{
    char          **values;
    HeapTuple     tuple;
    Datum         result;

    /*
     * Prepare a values array for building the returned tuple.
     * This should be an array of C strings which will
     * be processed later by the type input functions.
     */
    values = (char **) palloc(3 * sizeof(char *));
    values[0] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));
    values[1] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));
    values[2] = (char *) palloc(16 * sizeof(char));

    snprintf(values[0], 16, "%d", 1 * PG_GETARG_INT32(1));
    snprintf(values[1], 16, "%d", 2 * PG_GETARG_INT32(1));
    snprintf(values[2], 16, "%d", 3 * PG_GETARG_INT32(1));

    /* build a tuple */
    tuple = BuildTupleFromCStrings(attsinmeta, values);

    /* make the tuple into a datum */
    result = HeapTupleGetDatum(tuple);

    /* clean up (this is not really necessary) */
    pfree(values[0]);
    pfree(values[1]);
    pfree(values[2]);
    pfree(values);

    SRF_RETURN_NEXT(funcctx, result);
}
else      /* do when there is no more left */
{
    SRF_RETURN_DONE(funcctx);
}
}

```

В SQL её можно объявить следующим образом:

```

CREATE TYPE __retcomposite AS (f1 integer, f2 integer, f3 integer);

CREATE OR REPLACE FUNCTION retcomposite(integer, integer)
    RETURNS SETOF __retcomposite
    AS 'имя_файла', 'retcomposite'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

```

Также её можно объявить с параметрами OUT:

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION retcomposite(IN integer, IN integer,
    OUT f1 integer, OUT f2 integer, OUT f3 integer)
    RETURNS SETOF record
    AS 'имя_файла', 'retcomposite'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

```

Заметьте, что при таком подходе выходным типом функции формально является анонимный тип record.

Каталог contrib/tablefunc в пакете исходного кода содержит дополнительные примеры функций, возвращающих множества.

38.10.9. Полиморфные типы аргументов и результата

Функции на языке C могут быть объявлены как принимающие и возвращающие полиморфные типы `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`. За более подробным объяснением полиморфных функций обратитесь к Подразделу 38.2.5. Когда типы аргументов или результат определены как полиморфные, автор функции не может заранее знать, с какими типами данных она будет вызываться и какой возвращать. Чтобы функция на C в стиле версии 1 могла определить фактические типы данных своих аргументов и тип, который она должна вернуть, в `fmgr.h` предлагаются две функции. Они называются `get_fn_expr_rettype(FmgrInfo *flinfo)` и `get_fn_expr_argtype(FmgrInfo *flinfo, int argnum)` и возвращают соответственно OID типа результата и аргумента, либо `InvalidOid`, если информация о типе отсутствует. Структуру `flinfo` обычно можно получить по ссылке `fcinfo->flinfo`. Номер аргумента `argnum` задаётся, начиная с нуля. В качестве альтернативы `get_fn_expr_rettype` также можно использовать функции `get_call_result_type`. Кроме того, есть функция `get_fn_expr_variadic`, позволяющая определить, были ли переменные аргументы объединены в массив. Это полезно в основном для функций VARIADIC "any", так как такое объединение всегда имеет место для функций с переменными аргументами, принимающих обычные типы.

Например, предположим, что нам нужно написать функцию, принимающую один элемент любого типа и возвращающую одномерный массив этого типа:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(make_array);
Datum
make_array(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    ArrayType *result;
    Oid        element_type = get_fn_expr_argtype(fcinfo->flinfo, 0);
    Datum      element;
    bool       isnull;
    int16      typlen;
    bool       typbyval;
    char       typalign;
    int        ndims;
    int        dims[MAXDIM];
    int        lbs[MAXDIM];

    if (!OidIsValid(element_type))
        elog(ERROR, "could not determine data type of input");

    /* получить переданный элемент, учитывая, что это может быть NULL */
    isnull = PG_ARGISNULL(0);
    if (isnull)
        element = (Datum) 0;
    else
        element = PG_GETARG_DATUM(0);

    /* мы имеем дело с одной размерностью */
    ndims = 1;
    /* и одним элементом */
    dims[0] = 1;
    /* с нижней границей, равной 1 */
    lbs[0] = 1;

    /* получить требуемую информацию о типе элемента */
    get_typlenbyvalalign(element_type, &typlen, &typbyval, &typalign);
```

```
/* теперь создать массив */
result = construct_md_array(&element, &isnull, ndims, dims, lbs,
                           element_type, typplen, typbyval, typalign);

PG_RETURN_ARRAYTYPE_P(result);
}
```

Следующая команда объявляет функцию `make_array` в SQL:

```
CREATE FUNCTION make_array(anyelement) RETURNS anyarray
AS 'КАТАЛОГ/funcs', 'make_array'
LANGUAGE C IMMUTABLE;
```

Существует один вариант полиморфизма, которым могут пользоваться только функции на языке C: их можно объявить с параметрами типа `"any"`. (Заметьте, что имя этого типа нужно заключать в двойные кавычки, так как это также зарезервированное слово в SQL.) Он работает так же, как `anyelement`, за исключением того, что он не требует, чтобы аргументы `"any"` имели одинаковый тип, и не помогает определить тип результата функции. Функцию на языке C можно также объявить с последним параметром `VARIADIC "any"`. Ему будут соответствовать один или более фактических аргументов любого типа (не обязательно одинакового). Эти аргументы *не* будут собираться в массив, как это происходит с обычными функциями с переменными аргументами; они просто будут переданы функции по отдельности. Если применяется этот вариант, то чтобы определить число фактических аргументов и их типы, нужно использовать макрос `PG_NARGS()` и функции, описанные выше. Пользователи такой функции также могут пожелать использовать ключевое слово `VARIADIC` в вызове функции, ожидая, что функция обработает элементы массива как отдельные аргументы. При необходимости соответствующее поведение должна реализовывать сама функция, определив с помощью `get_fn_expr_variadic`, был ли фактический аргумент передан с указанием `VARIADIC`.

38.10.10. Функции преобразования

Некоторые вызовы функций можно упростить на стадии планирования, в зависимости от особых свойств функции. Например, функцию умножения (`int4mul(n, 1)`) можно упростить просто до `n`. Чтобы определить такую оптимизацию, нужно написать *функцию преобразования* и поместить её OID в поле `protransform` записи основной функции в `pg_proc`. Функция преобразования должна иметь в SQL сигнатуру `protransform(internal) RETURNS internal`. В аргументе, фактически имеющем тип `FuncExpr *`, передаётся фиктивный узел, представляющий вызов основной функции. Если анализ дерева выражения в функции преобразования показывает, что вместо всех возможных конкретных вызовов может быть подставлено дерево упрощённого выражения, эта функция должна построить и вернуть это упрощённое выражение. В противном случае нужно вернуть указатель `NULL` (не `NULL` языка SQL).

Мы не гарантируем, что PostgreSQL никогда не будет вызывать основную функцию во всех случаях, когда функция преобразования может её упростить, поэтому важно, чтобы упрощённое выражение строго соответствовало реальному вызову основной функции.

В настоящее время эта функциональность не предоставляется пользователям на уровне SQL из соображений безопасности, так что на практике это можно использовать только для оптимизации встроённых функций.

38.10.11. Разделяемая память и лёгкие блокировки

Модули расширений могут резервировать лёгкие блокировки и область в разделяемой памяти при запуске сервера. Чтобы библиотека модуля предварительно загружалась на этапе запуска сервера, нужно указать её в `shared_preload_libraries`. Чтобы зарезервировать разделяемую память, вызовите из вашей функции `_PG_init` функцию:

```
void RequestAddinShmemSpace(int size)
```

Чтобы зарезервировать лёгкие блокировки, из `_PG_init` нужно вызвать:

```
void RequestNamedLWLockTranche(const char *tranche_name, int num_lwlocks)
```

В результате будет сформирован массив из `num_lwlocks` лёгких блокировок под именем `tranche_name`. Чтобы получить указатель на этот массив, воспользуйтесь функцией `GetNamedLWLockTranche`.

Во избежание возможных условий гонки каждый обслуживающий процесс должен вызывать `AddinShmemInitLock` в момент подключения и при инициализации разделяемой памяти, как показано здесь:

```
static mystruct *ptr = NULL;

if (!ptr)
{
    bool    found;

    LWLockAcquire(AddinShmemInitLock, LW_EXCLUSIVE);
    ptr = ShmemInitStruct("my struct name", size, &found);
    if (!found)
    {
        /* инициализировать содержимое области разделяемой памяти; */
        /* получить все требуемые блокировки LWLocks: */
        ptr->locks = GetNamedLWLockTranche("my tranche name");
    }
    LWLockRelease(AddinShmemInitLock);
}
```

38.10.12. Использование C++ для расширяемости

Хотя код сервера PostgreSQL написан на C, расширения для него можно писать и на C++, если соблюдать эти правила:

- Все функции, к которым будет обращаться сервер, должны предоставлять ему интерфейс C; эти функции на C затем могут вызывать функции на языке C++. В частности, для функций, доступных серверу, необходимо указать `extern C`. Это также необходимо для всех функций, указатели на которые передаются между кодом сервера и подключаемым кодом на C++.
- Освобождайте память, применяя для этого подходящий метод. Например, память сервера в основном выделяется функцией `palloc()`, так что освобождать её нужно, вызывая `pfree()`. Попытка использовать в таких случаях принятую в C++ операцию `delete` приведёт к ошибке.
- Не допускайте распространения исключений в код C (добавляйте блок, перехватывающий все исключения, на верхнем уровне функций `extern C`). Это необходимо, даже если код на C++ не генерирует исключения явно, потому что исключения могут возникать, например, и при нехватке памяти. Все исключения должны перехватываться, и в интерфейс C должны передаваться соответствующие ошибки. Если возможно, скомпилируйте код C++ с указанием `-fno-exceptions`, чтобы полностью отключить исключения; в таких случаях вы должны будете выявлять исключительные ситуации в коде C++, например, проверять на NULL адрес, возвращённый `new()`.
- Вызывая серверные функции из кода C++, убедитесь, что в стеке вызова C++ содержатся только простые структуры данных. Это необходимо, потому что в случае ошибки сервера выполняется функция `longjmp()`, а она не отматывает стек вызовов C++ должным образом для объектов, отличных от простых структур.

Резюмируя, лучше всего поместить код C++ за ограду из функций `extern C`, которые будут доступны серверу и смогут защитить от исключений, а также потери стека вызовов и утечки памяти.

38.11. Пользовательские агрегатные функции

Агрегатные функции в PostgreSQL определяются в терминах значений *состояния* и функций *перехода состояния*. То есть агрегатная функция работает со значением состояния, которое меняется при обработке каждой последующей строки. Чтобы определить агрегатную функцию, нужно

выбрать тип данных для значения состояния, начальное значение состояния и функцию перехода состояния. Функция перехода состояния принимает предыдущее значение состояния и входное агрегируемое значение для текущей строки и возвращает новое значение состояния. Также можно указать *функцию завершения*, на случай, если ожидаемый результат агрегатной функции отличается от данных, которые сохраняются в изменяющемся значении состояния. Функция завершения принимает конечное значение состояния и возвращает то, что она хочет вернуть в виде результата агрегирования. В принципе, функции перехода и завершения представляют собой просто обычные функции, которые также могут применяться вне контекста агрегирования. (На практике для большей производительности часто создаются специализированные функции перехода, которые работают, только когда вызываются при агрегировании.)

Таким образом, помимо типов данных аргументов и результата, с которыми имеет дело пользователь агрегатной функции, есть также тип данных внутреннего состояния, который может отличаться от этих типов.

Если мы определяем агрегат, не использующий функцию завершения, наш агрегат будет вычислять бегущее значение функции по столбцам каждой строки. Примером такой агрегатной функции является `sum`. Вычисление `sum` начинается с нуля, а затем к накапливаемой сумме всегда прибавляется значение из текущей строки. Например, если мы хотим сделать агрегатную функцию `sum` для комплексных чисел, нам потребуется только функция сложения для такого типа данных. Такая агрегатная функция может быть определена так:

```
CREATE AGGREGATE sum (complex)
(
    sfunc = complex_add,
    stype = complex,
    initcond = '(0,0)'
);
```

Использовать её можно будет так:

```
SELECT sum(a) FROM test_complex;
```

```
sum
-----
(34,53.9)
```

(Заметьте, что мы задействуем перегрузку функций: в системе есть несколько агрегатных функций с именем `sum`, но PostgreSQL может определить, какая именно из них применима к столбцу типа `complex`.)

Определённая выше функция `sum` вернёт ноль (начальное значение состояния), если в наборе данных не окажется значений, отличных от `NULL`. У нас может возникнуть желание вернуть `NULL` в этом случае — стандарт SQL требует, чтобы `sum` работала так. Мы можем добиться этого, просто опустив фразу `initcond`, так что начальным значением состояния будет `NULL`. Обычно это будет означать, что в `sfunc` придётся проверять входное значение состояния на `NULL`. Но для `sum` и некоторых других простых агрегатных функций, как `max` и `min`, достаточно вставить в переменную состояния первое входное значение не `NULL`, а затем начать применять функцию перехода со следующего значения не `NULL`. PostgreSQL сделает это автоматически, если начальное значение состояния равно `NULL` и функция перехода помечена как «strict» (то есть не должна вызываться для аргументов `NULL`).

Ещё одна особенность поведения по умолчанию «строгой» функции перехода — предыдущее значение состояния остаётся без изменений, когда встречается значение `NULL`. Другими словами, значения `NULL` игнорируются. Если вам нужно другое поведение для входных значений `NULL`, не объявляйте свою функцию перехода строгой (`strict`); вместо этого, проверьте в ней поступающие значения на `NULL` и обработайте их, как требуется.

Функция `avg` (вычисляющая среднее арифметическое) представляет собой более сложный пример агрегатной функции. Ей необходимы два компонента текущего состояния: сумма входных значений и их количество. Окончательный результат получается как частное этих величин. При реали-

зации этой функции для значения состояния обычно используется массив. Например, встроенная реализация `avg(float8)` выглядит так:

```
CREATE AGGREGATE avg (float8)
(
    sfunc = float8_accum,
    stype = float8[],
    finalfunc = float8_avg,
    initcond = '{0,0,0}'
);
```

Примечание

Функция `float8_accum` принимает массив из трёх, а не двух элементов, так как в дополнение к количеству и сумме значений она подсчитывает ещё сумму их квадратов. Это сделано для того, чтобы её можно было применять для `avg` и для некоторых других агрегатных функций.

Вызовы агрегатных функций SQL допускают указания `DISTINCT` и `ORDER BY`, которые определяют, какие строки и в каком порядке будут поступать в функцию перехода агрегата. Это реализовано на заднем плане и непосредственно не затрагивает функции, поддерживающие работу агрегата.

За дополнительными подробностями обратитесь к описанию `CREATE AGGREGATE`.

38.11.1. Режим движущегося агрегата

Агрегатные функции могут дополнительно поддерживать *режим движущегося агрегата*, который позволяет значительно быстрее выполнять агрегатные функции в окнах со сдвигающимся началом рамки. (За информацией об использовании агрегатных функций в качестве оконных обратитесь к Разделу 3.5 и Подразделу 4.2.8.) Основная идея состоит в том, что помимо добавления обычной функции перехода «вперёд», для агрегатной функции задаётся *функция обратного перехода*, которая позволяет убирать строки из накапливаемого значения состояния, когда они покидают рамку окна. Например, для `sum` в качестве функции прямого перехода выполняется сложение, а в качестве функции обратного перехода выполняется вычитание. Без функции обратного перехода механизм оконных функций вынужден вычислять агрегат заново при каждом перемещении начала рамки, в результате чего время обработки оказывается пропорциональным количеству входных строк, помноженному на средний размер рамки. С функцией обратного перехода это время пропорционально только количеству входных строк.

Функции обратного перехода передаётся текущее значение состояния и агрегируемое входное значение(я) для строки, ранее учтённой в текущем состоянии. Она должна восстановить то значение состояния, которое было бы получено, если бы эта строка не агрегировалась, но агрегировались все последующие. Иногда для этого нужно, чтобы функция обратного перехода сохраняла больше информации о состоянии, чем это требуется для простого режима агрегирования. Таким образом, для режима движущегося агрегата используется реализация, отличная от простого режима: для него определяется отдельный тип данных, отдельная функция прямого перехода и отдельная функция завершения, при необходимости. Они могут совпадать с типом данных и аналогичными функциями обычного режима, если в дополнительном состоянии необходимости нет.

В качестве примера мы можем доработать показанную выше агрегатную функцию `sum`, чтобы она поддерживала режим движущегося агрегата так:

```
CREATE AGGREGATE sum (complex)
(
    sfunc = complex_add,
    stype = complex,
    initcond = '(0,0)',
    msfunc = complex_add,
    minvfunc = complex_sub,
    mstype = complex,
```

```
minitcond = '(0,0) '
);
```

Параметры, имена которых начинаются с `m`, определяют реализацию для движущегося агрегата. За исключением функции обратного перехода, `minvfunc`, они соответствуют параметрам обычного агрегата без `m`.

Функции прямого перехода в режиме движущегося агрегата не разрешено возвращать `NULL` в качестве нового значения состояния. Если функция обратного перехода возвращает `NULL`, это воспринимается как признак того, что она не может восстановить предыдущее состояние для полученных данных, и значит, агрегатное вычисление нужно производить заново с текущей позиции начала рамки. Это соглашение позволяет применять режим движущегося агрегата и в ситуациях, когда прокручивать назад значение состояния непрактично. Функция обратного перехода может «спасовать» в таких случаях, но включаться в работу, насколько это возможно в большинстве случаев. Например, агрегатная функция, работающая с числами с плавающей точкой, может спасовать, когда от неё потребуется убрать значение `NaN` (не число, *not a number*) из текущего значения состояния.

Разрабатывая функции, реализующие режим движущегося агрегата, важно, чтобы функция обратного перехода могла восстановить в точности требуемое значение состояния. В противном случае, в результатах могут проявляться различия, в зависимости от того, использовался ли режим движущегося агрегата. Например, на первый взгляд может показаться, что легко добавить функцию обратного перехода для сложения, но заявленное требование не будет выполняться для `sum` с типом `float4` или `float8`. Наивное объявление `sum(float8)` может быть таким:

```
CREATE AGGREGATE unsafe_sum (float8)
(
    stype = float8,
    sfunc = float8pl,
    mstype = float8,
    msfunc = float8pl,
    minvfunc = float8mi
);
```

Однако такой агрегат может выдавать результаты, радикально отличающиеся от тех, что он выдавал бы без функции обратного перехода. Например, рассмотрите запрос

```
SELECT
    unsafe_sum(x) OVER (ORDER BY n ROWS BETWEEN CURRENT ROW AND 1 FOLLOWING)
FROM (VALUES (1, 1.0e20::float8),
            (2, 1.0::float8)) AS v (n,x);
```

Он возвращает 0 в качестве второго результата, а не ожидаемое значение 1. Это связано с ограниченной точностью значений с плавающей точкой: при добавлении 1 к `1e20` снова получается `1e20`, а при вычитании `1e20` из результата получается 0, а не 1. Заметьте, что это принципиальное ограничение арифметики чисел с плавающей точкой, а не недостаток PostgreSQL.

38.11.2. Агрегатные функции с полиморфными и переменными аргументами

Агрегатная функция может использовать полиморфные функции перехода состояния или функции завершения, так что эти функции могут применяться для реализации нескольких агрегатов. За объяснением полиморфных функций обратитесь к Подразделу 38.2.5. Более того, сама агрегатная функция может описываться с полиморфными типами входных данных и состояния, так что одно определение агрегатной функции может служить для использования с разными типами данных. Пример полиморфного агрегата:

```
CREATE AGGREGATE array_accum (anyelement)
(
    sfunc = array_append,
    stype = anyarray,
    initcond = '{}'
```

```
);
```

Здесь фактическим типом состояния для любого конкретного агрегатного вызова будет массив, элементы которого будут иметь тип входных данных. Действие данного агрегата заключается в накоплении всех входных значений в массиве этого типа. (К вашему сведению: встроенная агрегатная функция `array_agg` обеспечивает подобную функциональность, но работает быстрее, чем могла бы функция с приведённым определением.)

Так будут выглядеть результаты с аргументами двух различных типов:

```
SELECT attrelid::regclass, array_accum(attname)
FROM pg_attribute
WHERE attnum > 0 AND attrelid = 'pg_tablespace'::regclass
GROUP BY attrelid;
```

```
attrelid      |          array_accum
-----+-----
pg_tablespace | {spcname,spcowner,spcacl,spcoptions}
(1 row)
```

```
SELECT attrelid::regclass, array_accum(atttypid::regtype)
FROM pg_attribute
WHERE attnum > 0 AND attrelid = 'pg_tablespace'::regclass
GROUP BY attrelid;
```

```
attrelid      |          array_accum
-----+-----
pg_tablespace | {name,oid,aclitem[],text[]}
(1 row)
```

Обычно агрегатная функция с полиморфным типом результата имеет и полиморфный тип состояния, как в предыдущем примере. Это необходимо, так как иначе нельзя будет объявить функцию завершения: она должна будет иметь полиморфный тип результата, но не будет иметь полиморфного аргумента, что команда `CREATE FUNCTION` не примет на основании того, что тип результата нельзя будет определить при вызове. Но иметь полиморфный тип состояния не всегда удобно. Чаще всего эта проблема возникает, когда функции реализации агрегата пишутся на С и тип состояния должен объявляться как `internal`, так как для него нет соответствующего типа на уровне SQL. Чтобы решить эту проблему, можно объявить функцию завершения как принимающую дополнительные фиктивные аргументы, соответствующие входным аргументам агрегата. В этих фиктивных аргументах всегда передаются значения `NULL`, так как при вызове функции завершения какое-либо определённое значение отсутствует. Единственное их предназначение — позволить связать тип результата полиморфной функции завершения с типом входных данных агрегата. Например, определение встроенного агрегата `array_agg` выглядит так:

```
CREATE FUNCTION array_agg_transfn(internal, anynonarray)
RETURNS internal ...;
CREATE FUNCTION array_agg_finalfn(internal, anynonarray)
RETURNS anyarray ...;
```

```
CREATE AGGREGATE array_agg (anynonarray)
(
    sfunc = array_agg_transfn,
    stype = internal,
    finalfunc = array_agg_finalfn,
    finalfunc_extra
);
```

Здесь параметр `finalfunc_extra` указывает, что функция завершения помимо значения состояния получит дополнительные фиктивные аргументы, соответствующие входным аргументам агрегата. Дополнительный аргумент `anynonarray` позволяет сделать объявление `array_agg_finalfn` допустимым.

Агрегатную функцию можно сделать принимающей переменное число аргументов, объявив её последний аргумент как массив `VARIADIC`, в том же ключе, как и обычную функцию; см. Подраздел 38.5.5. При этом у функций перехода агрегата их последний аргумент должен иметь тот же тип массива. Такие функции обычно также объявляются как `VARIADIC`, но строго это не требуется.

Примечание

Агрегатные функции с переменными аргументами легко допускают ошибочное использование в сочетании с указанием `ORDER BY` (см. Подраздел 4.2.7), так как анализатор запроса не может определить, было ли передано нужное количество фактических параметров в такой комбинации. Помните, что всё, находящееся справа от `ORDER BY`, является ключом сортировки, а не аргументом агрегатной функции. Например, в

```
SELECT myaggregate(a ORDER BY a, b, c) FROM ...
```

анализатор запроса увидит один агрегатный аргумент функции и три ключа сортировки. Однако пользователь мог подразумевать и следующее:

```
SELECT myaggregate(a, b, c ORDER BY a) FROM ...
```

Если функция `myaggregate` принимает переменные аргументы, оба эти вызова будут вполне допустимы.

По этой же причине, стоит подумать дважды, прежде чем создавать агрегатные функции с одинаковыми именами, но разным числом обычных аргументов.

38.11.3. Сортирующие агрегатные функции

Описанные выше агрегатные функции были «обычными» агрегатами. Но PostgreSQL также поддерживает *сортирующие агрегатные функции*, которые имеют два отличия от обычных. Во-первых, в дополнение к обычным агрегируемым аргументам, вычисляемых для каждой входной строки, сортирующий агрегат может иметь «непосредственные» аргументы, которые должны вычисляться в операции агрегирования только один раз. Во-вторых, для обычных агрегируемых аргументов порядок их сортировки задаётся явно, а сортирующий агрегат обычно выполняет вычисления, зависящие от конкретного порядка строк, например, вычисляет ранг или процентиль, так что порядок сортировки критичен для каждого вызова. Например, встроенное определение функции `percentile_disc` равнозначно следующему:

```
CREATE FUNCTION ordered_set_transition(internal, anyelement)
  RETURNS internal ...;
CREATE FUNCTION percentile_disc_final(internal, float8, anyelement)
  RETURNS anyelement ...;
```

```
CREATE AGGREGATE percentile_disc (float8 ORDER BY anyelement)
(
  sfunc = ordered_set_transition,
  stype = internal,
  finalfunc = percentile_disc_final,
  finalfunc_extra
);
```

Этот агрегат принимает непосредственный аргумент `float8` (дробь процентиля) и агрегируемые данные, которые могут быть любого упорядочиваемого типа. Используя его, можно рассчитать средний семейный доход следующим образом:

```
SELECT percentile_disc(0.5) WITHIN GROUP (ORDER BY income) FROM households;
percentile_disc
-----
50489
```

В данном случае, 0.5 — это непосредственный аргумент; если бы дробь процентиля менялась от строки к строке, это не имело бы смысла.

В отличие от случая с обычными агрегатами, сортировка входных строк для сортирующего агрегата *не* выполняется на заднем плане, а является задачей функций, реализующих агрегат. Типичная реализация такого агрегата заключается в сохранении ссылки на объект «tuplesort» в значении состояния агрегата, загрузке поступающих строк в этот объект, и собственно окончании сортировки и выдачи данных в функции завершения. При такой организации обработки функция завершения может выполнять специальные операции, в частности, вставлять дополнительные «гипотетические» строки в сортируемые данные. Тогда как обычные агрегаты часто реализуются функциями, написанными на PL/pgSQL или другом процедурном языке, сортирующие агрегатные функции, как правило, должны быть написаны на С, так как их значение состояния нельзя выразить каким-либо типом данных SQL. (Обратите внимание, что в приведённом выше примере значение состояния объявлено как имеющее тип `internal` — это типичный вариант.) И вследствие того, что сортировку выполняет функция завершения, нельзя возобновить добавление входных строк, продолжая вызывать функцию перехода. Это означает, что функция завершения не может иметь характеристику `READ_ONLY`; она должна объявляться командой `CREATE AGGREGATE` с характеристикой `READ_WRITE` или `SHAREABLE` (если она позволяет при последующих вызовах функции завершения использовать уже отсортированное состояние).

Функция перехода состояния для сортирующего агрегата получает значение текущего состояния плюс агрегируемые входные данные для каждой строки и возвращает изменённое значение состояния. Это определение распространяется и на обычные агрегаты, но заметьте, что непосредственные аргументы (если они есть) при этом не передаются. Функция завершения же получает последнее значение состояния и значения непосредственных аргументов (если они есть), а также (если присутствует указание `finalfunc_extra`) значения `NULL`, соответствующие агрегируемым данным. С обычными агрегатами указание `finalfunc_extra` действительно полезно, только если агрегат полиморфный; тогда дополнительные фиктивные аргументы необходимы, чтобы связать тип результата функции завершения с типом(ами) входных данных агрегата.

В настоящее время сортирующие агрегаты не могут использоваться в качестве оконных функций, поэтому от них поддержка режима движущегося агрегата не требуется.

38.11.4. Частичное агрегирование

Дополнительно агрегатная функция может поддерживать *частичное агрегирование*. Идея такого агрегирования в том, чтобы вызывать функции перехода состояния для различных подмножеств входных данных независимо, а затем комбинировать значения состояния, вычисленные по этим подмножествам, и получать тот же результат, что был бы получен при сканировании сразу всех входных данных. Этот режим может применяться для параллельного агрегирования, когда разные рабочие процессы сканируют различные части таблицы. При этом каждый рабочий процесс выдаёт частичное значение состояния, а в конце эти значения комбинируются вместе и получается окончательное значение состояния. (В будущем этот режим может также применяться, например для комбинированного агрегирования локальных и удалённых таблиц, но пока это не реализовано.)

Для поддержки частичного агрегирования в определении агрегатной функции должна задаваться *комбинирующая функция*, принимающая два значения типа состояния агрегата (представляющие результаты агрегирования по двум подмножествам входных строк) и выдающая новое значение типа состояния, представляющее то состояние, которое было бы получено при агрегировании совокупности этих подмножеств строк. При этом относительный порядок входных строк в этих двух множествах не оговаривается. Это значит, что для агрегатных функций, зависящих от порядка входных строк, обычно невозможно определить осмысленную комбинирующую функцию.

В качестве простого примера, частичное агрегирование могут поддерживать функции `MAX` и `MIN`, если задать в качестве комбинирующей соответственно функцию сравнения значений *большее-из-двух* или *меньшее-из-двух*, ту же, что они используют и как функцию перехода. Для `SUM` комбинирующей функцией будет просто функция сложения. (И это опять же функция перехода, если только значение состояния не выходит за рамки типа входных данных.)

Комбинирующая функция задействуется практически так же, как функция перехода, но принимает в качестве второго аргумента значение типа состояния, а не нижележащего входного типа. В частности, на неё распространяются те же правила строгости функции и передачи значений `NULL`. Также учтите, что если в определении агрегатной функции задаётся отличное от `NULL` зна-

чение `initcond`, оно будет задавать начальное состояние не только для каждого прохода частичного агрегирования, но также и начальное состояние для комбинирующей функции, которая будет вызываться для комбинирования каждого частичного результата в этом состоянии.

Если типом состояния агрегатной функции выбран `internal`, комбинирующая функция отвечает за то, чтобы её результат был помещён в контекст памяти, подходящий для значений агрегатного состояния. В частности это значит, что, получив в первом аргументе `NULL`, нельзя просто вернуть второй аргумент, так как это значение окажется в неверном контексте и не просуществует достаточное время.

Когда типом состояния агрегатной функции выбран `internal`, обычно в определении агрегатной функции также уместно задать *функцию сериализации* и *функцию десериализации*, которые позволяют копировать значение состояния из одного процесса в другой. Без этих функций параллельное агрегирование невозможно, а также вероятно не будут работать такие будущие приложения, как локальное/удалённое агрегирование.

Функция сериализации должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать результат типа `bytea`, представляющий значение состояния, упакованное в плоский набор байтов. Функция десериализации, напротив, обращает это преобразование. Она должна принимать два аргумента типов `bytea` и `internal` и возвращать результат типа `internal`. (Второй её аргумент не используется и всегда равен нулю, но он требуется из соображений типобезопасности.) Результат функции десериализации следует просто разместить в текущем контексте памяти, так как в отличие от результата комбинирующей функции он недолговечен.

Также стоит заметить, что для выполнения агрегатной функции в параллельном режиме она должна иметь характеристику `PARALLEL SAFE` (безопасная для распараллеливания). Характеристики допустимости распараллеливания её опорных функций значения не имеют.

38.11.5. Вспомогательные функции для агрегатов

Функция, написанная на С, может определить, была ли она вызвана как вспомогательная функция агрегирования, вызвав `AggCheckCallContext`, например, так:

```
if (AggCheckCallContext(fcinfo, NULL))
```

Смысл такой проверки в том, что в случае положительного её результата первым входным аргументом является временное значение состояния, которое можно безопасно модифицировать на месте, не создавая новую копию. Пример вы можете увидеть в функции `int8inc()`. (Хотя агрегатные функции перехода всегда могут изменить непосредственно переходное значение, агрегатные функции завершения должны избегать этого; если они это делают, такое поведение должно отмечаться при создании агрегата. За дополнительными подробностями обратитесь к `CREATE AGGREGATE`.)

Второй аргумент `AggCheckCallContext` можно использовать, чтобы получить контекст памяти, в котором содержатся значения агрегатного состояния. Это полезно для функций перехода, которые желают использовать «развёрнутые» объекты (см. Подраздел 38.12.1) в качестве значений состояния. При первом вызове такая функция перехода должна вернуть развёрнутый объект в контексте памяти, относящемся к контексту состояния агрегата, а затем продолжать возвращать тот же объект при последующих вызовах. Например, эту логику можно увидеть в функции `array_append()`. (Функция `array_append()` не используется в качестве перехода никаким встроенным агрегатом, но она написана так, чтобы работать эффективно в таком качестве в дополнительном агрегате.)

Ещё одна вспомогательная подпрограмма, предназначенная для агрегатных функций, написанных на С, называется `AggGetAggref`. Эта функция возвращает узел разбора `Aggref`, описывающий вызов агрегата. Это в основном полезно для сортирующих агрегатов, которые могут исследовать структуру узла `Aggref` и выяснить, какой порядок сортировки они должны реализовать. Примеры использования можно найти в `orderedsetaggs.c` в исходном коде PostgreSQL.

38.12. Пользовательские типы

Как описывалось в Разделе 38.2, PostgreSQL может расширяться и поддерживать новые типы данных. В этом разделе описывается, как определить новые базовые типы, то есть типы данных, описанные ниже уровня языка SQL. Для создания нового базового типа необходимо реализовать функции, работающие с этим типом, на языке низкого уровня, обычно C.

Примеры, рассматриваемые в этой главе, можно найти в `complex.sql` и в `complex.c` в каталоге `src/tutorial` пакета с исходным кодом. Инструкции по запуску этих примеров можно найти в файле `README` в том же каталоге.

Пользовательский тип должен всегда иметь функции ввода и вывода. Эти функции определяют, как тип будет выглядеть в строковом виде (при вводе и выводе для пользователя) и как этот тип размещается в памяти. Функция ввода принимает в качестве аргумента строку символов, заканчивающуюся нулём, и возвращает внутреннее представление типа (в памяти). Функция вывода принимает в качестве аргумента внутреннее представление типа и возвращает строку символов, заканчивающуюся нулём. Если мы хотим не просто сохранить тип, но делать с ним нечто большее, мы должны предоставить дополнительные функции, реализующие все операции, которые мы хотели бы иметь для этого типа.

Предположим, что нам нужен тип `complex`, представляющий комплексные числа. Естественным образом комплексное число можно представить в памяти в виде следующей структуры C:

```
typedef struct Complex {
    double      x;
    double      y;
} Complex;
```

Нам нужно будет передавать этот тип по ссылке, так как он слишком велик, чтобы уместиться в одном значении `Datum`.

В качестве внешнего строкового представления типа мы выберем строку вида `(x,y)`.

Функции ввода и вывода обычно несложно написать, особенно функцию вывода. Но определяя внешнее строковое представление типа, помните, что в конце концов вам придётся реализовать законченный и надёжный метод разбора этого представления в функции ввода. Например, так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_in);
```

```
Datum
complex_in(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    char      *str = PG_GETARG_CSTRING(0);
    double     x,
              y;
    Complex   *result;

    if (sscanf(str, " ( %lf , %lf )", &x, &y) != 2)
        ereport(ERROR,
                (errcode(ERRCODE_INVALID_TEXT_REPRESENTATION),
                 errmsg("invalid input syntax for complex: \"%s\"",
                        str)));

    result = (Complex *) palloc(sizeof(Complex));
    result->x = x;
    result->y = y;
    PG_RETURN_POINTER(result);
}
```

Функция вывода может быть простой:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_out);
```

```
Datum
complex_out (PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex      *complex = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
    char          *result;

    result = psprintf("(%g,%g)", complex->x, complex->y);
    PG_RETURN_CSTRING(result);
}
```

Вам нужно позаботиться о том, чтобы функции ввода и вывода были обратными друг к другу. В противном случае вы столкнётесь с проблемами, когда вам потребуется выгрузить данные в файл, а затем прочитать их. Это особенно распространённая проблема, когда дело касается чисел с плавающей точкой.

Дополнительно пользовательский тип может предоставлять функции для ввода и вывода в двоичном виде. Двоичный ввод/вывод обычно работает быстрее, но хуже портируется, чем текстовый. Как и с текстовым представлением, выбор, каким будет двоичное представление, остаётся за вами. Многие встроенные типы данных стараются обеспечить двоичное представление, независимое от машинной архитектуры. Для типа `complex` мы воспользуемся функциями двоичного ввода/вывода типа `float8`:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1 (complex_recv);

Datum
complex_recv (PG_FUNCTION_ARGS)
{
    StringInfo    buf = (StringInfo) PG_GETARG_POINTER(0);
    Complex      *result;

    result = (Complex *) palloc(sizeof(Complex));
    result->x = pq_getmsgfloat8(buf);
    result->y = pq_getmsgfloat8(buf);
    PG_RETURN_POINTER(result);
}

PG_FUNCTION_INFO_V1 (complex_send);

Datum
complex_send (PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex      *complex = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
    StringInfoData buf;

    pq_begintypsend(&buf);
    pq_sendfloat8(&buf, complex->x);
    pq_sendfloat8(&buf, complex->y);
    PG_RETURN_BYTEA_P(pq_endtypsend(&buf));
}
```

Написав функции ввода/вывода и скомпилировав их в разделяемую библиотеку, мы можем определить тип `complex` в SQL. Сначала мы объявим его как тип-пустышку:

```
CREATE TYPE complex;
```

Это позволит нам ссылаться на этот тип, определяя для него функции ввода/вывода. Теперь мы определим функции ввода/вывода:

```
CREATE FUNCTION complex_in(cstring)
```

```
RETURNS complex
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION complex_out(complex)
RETURNS cstring
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION complex_recv(internal)
RETURNS complex
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

```
CREATE FUNCTION complex_send(complex)
RETURNS bytea
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Наконец, мы можем предоставить полное определение типа данных:

```
CREATE TYPE complex (
    internallength = 16,
    input = complex_in,
    output = complex_out,
    receive = complex_recv,
    send = complex_send,
    alignment = double
);
```

Когда определяется новый базовый тип, PostgreSQL автоматически обеспечивает поддержку массивов с элементами такого типа. Тип массива обычно получает имя по имени базового типа с добавленным спереди символом подчёркивания (`_`).

Когда тип данных определён, мы можем объявить дополнительные функции для выполнения полезных операций с этим типом. Затем поверх этих функций могут быть определены операторы, а если потребуется, и классы операторов, для поддержки индексации этого типа. Эти дополнительные уровни обсуждаются в следующих разделах.

Если внутреннее представление типа данных имеет переменную длину, оно должно соответствовать стандартной схеме данных переменной длины: первые четыре байта должно занимать поле `char[4]`, к которому никогда не следует обращаться напрямую (по обыкновению названное `vl_len_`). Чтобы сохранить в этом поле размер элемента (включая длину самого поля), вы должны использовать макрос `SET_VARSIZE()`, а чтобы получить его — макрос `VARSIZE()`. (Эти макросы нужны, потому что поле длины может кодироваться по-разному на разных платформах.)

За дополнительными подробностями обратитесь к команде `CREATE TYPE`.

38.12.1. Особенности TOAST

Если значения вашего типа данных могут быть разного размера (во внутренней форме), обычно для такого типа желательно реализовать поддержку TOAST (см. Раздел 68.2). Это следует делать, даже если значения слишком малы для сжатия или внешнего хранения, так как TOAST позволяет сэкономить пространство и с данными маленького размера, сокращая издержки в заголовке.

Для поддержки хранения TOAST функции на C, работающие с таким типом данных, должны позаботиться о распаковке поступивших им данных, используя макрос `PG_DETOAST_DATUM`. (Эту внутреннюю особенность обычно скрывает дополнительный, определяемый для типа макрос `GETARG_DATATYPE_P`.) Затем, выполняя команду `CREATE TYPE`, укажите в качестве внутренней длины `variable` и выберите подходящий вариант хранения (не `plain`).

Если выравнивание данных не имеет значения (либо только для некоторой функции, либо потому что для типа данных в любом случае применяется выравнивание по байтам), некоторых издержек, связанных с макросом `PG_DETOAST_DATUM`, можно избежать. Вместо него можно использовать `PG_DETOAST_DATUM_PACKED` (его обычно скрывает определяемый для типа макрос `GETARG_DATATYPE_PP`) и воспользоваться макросами `VARSIZE_ANY_EXHDR` и `VARDATA_ANY` для обращения к потенциально сжатым данным. Стоит ещё раз отметить, что данные, возвращаемые этими макросами, не выравниваются, даже если выравнивание задано в определении типа. Если выравнивание важно, вы должны задействовать обычный интерфейс `PG_DETOAST_DATUM`.

Примечание

В старом коде поле `vl_len_` часто объявлялось как `int32`, а не `char[4]`. Это ничем не чревато до той поры, пока в определении структуры имеются другие поля с выравниванием как минимум `int32`. Но с потенциально невыровненными данными такое определение структуры опасно; компилятор может воспринять его как право полагать, что данные выровнены, что может привести к аварийным сбоям в архитектурах, строгих к выравниванию.

Поддержка TOAST даёт также возможность иметь *развёрнутое* представление данных в памяти, работать с которым будет удобнее, чем с форматом хранения на диске. Обычный или «плоский» формат хранения `varlena` в конце концов представляет собой просто набор байт; он не может содержать указатели, так как эти байты могут быть скопированы в другие адреса. Для сложных типов данных работать с плоским форматом данных может быть довольно дорого, так что PostgreSQL даёт возможность «развернуть» плоский формат в представление, более подходящее для вычислений, и затем передавать эту структуру в памяти функциям, работающим с этим типом.

Для использования развёрнутого хранения тип данных должен определять развёрнутый формат по правилам, описанным в `src/include/utils/expandeddatum.h`, и предоставлять функции для «разворачивания» плоского значения в этот формат, а также для «заворачивания» этого формата опять в обычное представление `varlena`. Затем надо добиться, чтобы все функции на С могли принимать любое представление, возможно выполняя преобразование одного в другое непосредственно при получении. Для этого не требуется исправлять сразу все существующие функции для этого типа данных, так как имеющийся стандартный макрос `PG_DETOAST_DATUM` способен преобразовывать развёрнутые входные данные в обычный плоский формат. Таким образом, все существующие функции, работающие с плоским форматом `varlena` продолжат работать, хотя и не очень эффективно, с развёрнутыми входными данными; их необязательно переделывать, пока не потребуются оптимизировать производительность.

Функции на С, умеющие работать с развёрнутым представлением, обычно делятся на две категории: те, что могут работать с развёрнутым форматом, и те, что могут принимать и развёрнутые, и плоские данные `varlena`. Первые проще написать, но они могут быть менее эффективными в целом, так как преобразование плоского значения в развёрнутую форму для использования только одной функцией может стоить больше, чем сэкономится при обработке данных в развёрнутом формате. Когда нужно работать только с развёрнутым форматом, преобразование плоских значений в развёрнутую форму можно скрыть в макросе, извлекающем аргументы, чтобы функция была не сложнее, чем работающая с традиционными входными данными `varlena`. Чтобы принимать оба варианта входных значений, напишите функцию извлечения аргументов, которая будет распаковывать значения с сокращённым заголовком, а также внешние и сжатые, но не развёрнутые данные. Такую функцию можно определить как возвращающую указатель на объединение плоского формата `varlena` и развёрнутого формата. Какой формат получен фактически, вызывающий код может определить, вызвав макрос `VARATT_IS_EXPANDED_HEADER()`.

Инфраструктура TOAST позволяет не только отличить обычные значения `varlena` от развёрнутых значений, но и различить указатели «для чтения/записи» и «только для чтения» на развёрнутые значения. Функции на С, которым нужно читать развёрнутое значение, или которые будут менять его безопасным и невидимым извне образом, могут не обращать внимания на тип полученного указателя. Если же функции на С выдают изменённую версию входного значения, они могут из-

менять развёрнутые входные данные на месте, только когда получают указатель для чтения/записи, но не когда получен указатель только для чтения. В последнем случае они должны сначала скопировать значение и получить новое значение, допускающее изменение. Функция на C, создающая новое развёрнутое значение, должна всегда возвращать указатель на него для чтения/записи. Кроме того, функция, изменяющая развёрнутое значение непосредственно по указателю для чтения/записи должна позаботиться о том, чтобы это значение осталось в приемлемом состоянии, если она отработает не полностью.

Примеры работы с развёрнутыми значениями можно найти в стандартной инфраструктуре массивов, в частности в `src/backend/utils/adt/array_expanded.c`.

38.13. Пользовательские операторы

Любой оператор представляет собой «синтаксический сахар» для вызова нижележащей функции, выполняющей реальную работу; поэтому прежде чем вы сможете создать оператор, необходимо создать нижележащую функцию. Однако оператор — *не исключительно* синтаксический сахар, так как он несёт и дополнительную информацию, помогающую планировщику запросов оптимизировать запросы с этим оператором. Рассмотрению этой дополнительной информации будет посвящён следующий раздел.

PostgreSQL поддерживает левые унарные, правые унарные и бинарные операторы. Операторы могут быть перегружены; то есть одно имя оператора могут иметь различные операторы с разным количеством и типами операндов. Когда выполняется запрос, система определяет, какой оператор вызвать, по количеству и типам предоставленных операндов.

В следующем примере создаётся оператор сложения двух комплексных чисел. Предполагается, что мы уже создали определение типа `complex` (см. Раздел 38.12). Сначала нам нужна функция, собственно выполняющая операцию, а затем мы сможем определить оператор:

```
CREATE FUNCTION complex_add(complex, complex)
    RETURNS complex
    AS 'имя_файла', 'complex_add'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE OPERATOR + (
    leftarg = complex,
    rightarg = complex,
    function = complex_add,
    commutator = +
);
```

Теперь мы можем выполнить такой запрос:

```
SELECT (a + b) AS c FROM test_complex;
```

```

      c
-----
(5.2,6.05)
(133.42,144.95)
```

Мы продемонстрировали создание бинарного оператора. Чтобы создать унарный оператор, просто опустите `leftarg` (для левого унарного) или `rightarg` (для правого унарного). Обязательными в `CREATE OPERATOR` являются только предложение `function` и объявления аргументов. Предложение `commutator`, добавленное в данном примере, представляет необязательную подсказку для оптимизатора запросов. Подробнее о `commutator` и других подсказках для оптимизатора рассказывается в следующем разделе.

38.14. Информация для оптимизации операторов

Определение оператора в PostgreSQL может включать различные дополнительные предложения, которые сообщают системе полезные сведения о поведении оператора. Старайтесь задавать эти

предложения при возможности, так как они могут значительно ускорить выполнение запросов, использующих данный оператор. Но если вы задаёте их, убедитесь, что они корректны! Неправильное применение предложений оптимизации может привести к замедлению запросов, неочевидным ошибочным результатам и другим неприятностям. Если вы не уверены в правильности предложения оптимизации, лучше вовсе не использовать его; единственным последствием будет то, что запросы будут работать медленнее, чем могли бы.

В будущих версиях PostgreSQL могут быть добавлены и другие предложения. Здесь описываются те, что поддерживаются версией 11.1.

38.14.1. COMMUTATOR

Предложение `COMMUTATOR`, если представлено, задаёт оператор, коммутирующий для определяемого. Оператор A является коммутирующим для оператора B , если $(x \ A \ y)$ равняется $(y \ B \ x)$ для всех возможных значений x, y . Заметьте, что B также будет коммутирующим для A . Например, операторы `<` и `>` для конкретного типа данных обычно являются коммутирующими друг для друга, а оператор `+` — коммутирующий для себя. Но традиционный оператор `-` коммутирующего не имеет.

Тип левого операнда оператора должен совпадать с типом правого операнда коммутирующего для него оператора, и наоборот. Поэтому имя коммутирующего оператора — это всё, что PostgreSQL должен знать, чтобы найти коммутатор, и всё, что нужно указать в предложении `COMMUTATOR`.

Информация о коммутирующих операторах крайне важна для операторов, которые будут применяться в индексах и условиях соединения, так как, используя её, оптимизатор запросов может «переворачивать» такие выражения и получать формы, необходимые для разных типов планов. Например, рассмотрим запрос с предложением `WHERE tab1.x = tab2.y`, где `tab1.x` и `tab2.y` имеют пользовательский тип, и предположим, что у нас есть индекс по столбцу `tab2.y`. Оптимизатор сможет задействовать сканирование по индексу, только если ему удастся перевернуть выражение `tab2.y = tab1.x`, так как механизм сканирования по индексу ожидает, что индексируемый столбец находится слева от оператора. PostgreSQL сам по себе *не* будет полагать, что такое преобразование возможно — это должен определить создатель оператора `=`, добавив информацию о коммутирующем операторе.

Когда вы определяете оператор, коммутирующий сам для себя, вы делаете именно это. Если же вы определяете пару коммутирующих операторов, возникает небольшое затруднение: как оператор, определяемый первым, может ссылаться на другой, ещё не определённый? Есть два решения этой проблемы:

- Во-первых, можно опустить предложение `COMMUTATOR` для первого оператора, который вы определяете, а затем добавить его в определении второго. Так как PostgreSQL знает, что коммутирующие операторы связаны парами, встречая второе определение, он автоматически возвращается к первому и добавляет в него недостающее предложение `COMMUTATOR`.
- Во-вторых, можно добавить предложение `COMMUTATOR` в оба определения. Когда PostgreSQL обрабатывает первое определение и видит, что `COMMUTATOR` ссылается на несуществующий оператор, в системном каталоге создаётся фиктивная запись для этого оператора. В этой фиктивной записи актуальны будут только имя оператора, типы левого и правого операндов, а также тип результата, так как это всё, что PostgreSQL может определить в этот момент. Запись первого оператора будет связана с этой фиктивной записью. Затем, когда вы определите второй оператор, система внесёт в эту фиктивную запись дополнительную информацию из второго определения. Если вы попытаетесь применить фиктивный оператор, прежде чем он будет полностью определён, вы просто получите сообщение об ошибке.

38.14.2. NEGATOR

Предложение `NEGATOR`, если присутствует, задаёт оператор, обратный к определяемому. Оператор A является обратным к оператору B , если они оба возвращают булевский результат и $(x \ A \ y)$ равняется `NOT (x \ B \ y)` для всех возможных x, y . Заметьте, что B так же является обратным к A . Например, операторы `<` и `>=` составляют пару обратных друг к другу для большинства типов данных. Никакой оператор не может быть обратным к себе же.

В отличие от коммутарующих операторов, два унарных оператора вполне могут быть обратными к друг другу; это будет означать, что $(A \ x)$ равняется $\text{NOT } (B \ x)$ для всех x (и для правых унарных операторов аналогично).

У оператора, обратного данному, типы левого и/или правого операнда должны соответствовать типам данного оператора, так же как и с предложением `COMMUTATOR`; отличие только в том, что имя оператора задаётся в предложении `NEGATOR`.

Указание обратного оператора очень полезно для оптимизатора запросов, так как это позволяет упростить выражение вида `NOT (x = y)` до `x <> y`. Такие выражения не так редки, как может показаться, так как операции `NOT` могут добавляться автоматически в результате реорганизаций выражений.

Пару обратных операторов можно определить теми же способами, что были описаны ранее для пары коммутарующих.

38.14.3. RESTRICT

Предложение `RESTRICT`, если представлено, определяет функцию оценки избирательности ограничения для оператора. (Заметьте, что в нём задаётся имя функции, а не оператора.) Предложения `RESTRICT` имеют смысл только для бинарных операторов, возвращающих `boolean`. Идея оценки избирательности ограничения заключается в том, чтобы определить, какой процент строк в таблице будет удовлетворять условию `WHERE` вида:

```
column OP constant
```

для текущего оператора и определённого значения константы. Это помогает оптимизатору примерно определить, сколько строк будет исключено предложениями `WHERE` такого вида. (Вы спросите, а что если константа находится слева? Ну, собственно для таких случаев и задаётся `COMMUTATOR...`)

Рамки данной главы не позволяют описать разработку новых функций оценки избирательности ограничения, но обычно можно использовать один из стандартных системных оценщиков для большинства дополнительных операторов. Стандартные оценщики ограничений следующие:

```
eqsel для =
neqsel для <>
scalarltsel для <
scalarlesel для <=
scalargtsel для >
scalargesel для >=
```

Часто вы можете обойтись функциями `eqsel` и `neqsel` для операторов с очень высокой или низкой избирательностью, даже если это не операторы собственно равенства или неравенства. Например, геометрические операторы приблизительного равенства используют `eqsel` в предположении, что соответствующие (равные) элементы будут составлять только небольшой процент от всех записей таблицы.

Функции `scalarltsel`, `scalarlesel`, `scalargtsel` и `scalargesel` можно использовать для сравнений с типами данных, которые могут быть каким-либо осмысленным образом преобразованы в числовые скалярные значения для сравнения диапазонов. Если возможно, добавьте свой тип данных в число типов, которые понимает функция `convert_to_scalar()`, реализованная в `src/backend/utils/adt/selfuncs.c`. (Когда-нибудь на смену ей придут специализированные функции, которые будут устанавливаться для конкретных типов в определённом столбце системного каталога `pg_type`; но пока этого не произошло.) Если вы этого не сделаете, всё будет работать, но оценки оптимизатора будут не так хороши, как могли бы быть.

Для геометрических операторов разработаны дополнительные функции оценки избирательности в `src/backend/utils/adt/geo_selfuncs.c`: `areasel`, `positionsel` и `contsel`. На момент написания документации это просто заглушки, но вы, тем не менее, вполне можете использовать (или ещё лучше, доработать) их.

38.14.4. JOIN

Предложение `JOIN`, если представлено, определяет функцию оценки избирательности соединения для оператора. (Заметьте, что в нём задаётся имя функции, а не оператора.) Предложения `JOIN` имеют смысл только для бинарных операторов, возвращающих `boolean`. Идея оценки избирательности соединения заключается в том, чтобы угадать, какой процент строк в паре таблиц будет удовлетворять условию `WHERE` следующего вида:

```
table1.column1 OP table2.column2
```

для текущего оператора. Как и `RESTRICT`, это предложение очень помогает оптимизатору, позволяя ему выяснить, какой из возможных вариантов соединения скорее всего окажется выгоднее.

Как и ранее, в этой главе мы не будем пытаться рассказать, как написать функцию оценивания избирательности соединения, а просто отметим, что вы можете использовать один из подходящих стандартных оценщиков:

```
eqjoinssel для =
neqjoinssel для <>
scalarltjoinssel для <
scalarelejoinssel для <=
scalargtjoinssel для >
scalargejoinssel для >=
areajoinssel для сравнений областей в плоскости
positionjoinssel для сравнения положений в плоскости
contjoinssel для проверки на включение в плоскости
```

38.14.5. HASHES

Предложение `HASHES`, если присутствует, говорит системе, что для соединений с применением этого оператора допустимо использовать метод соединения по хешу. `HASHES` имеет смысл только для бинарного оператора, который возвращает `boolean`, и на практике этот оператор должен выражать равенство значений некоторого типа данных или пары типов данных.

Соединение по хешу базируется на том предположении, что оператор соединения возвращает истину только для таких пар значений слева и справа, для которых получается одинаковый хеш. Если два значения оказываются в разных ячейках хеша, операция соединения никогда не будет сравнивать их, неявно подразумевая, что результат оператора соединения в этом случае должен быть ложным. Поэтому не имеет никакого смысла указывать `HASHES` для операторов, которые не представляют какую-либо форму равенства. В большинстве случаев практический смысл в поддержке хеширования есть только для операторов, принимающих один тип данных с обеих сторон. Однако иногда возможно разработать хеш-функции, совместимые сразу с несколькими типами данных; то есть, функции, которые будут выдавать одинаковые хеш-коды для «равных» значений, несмотря на то, что эти значения будут представлены по-разному. Например, довольно легко функции с такой особенностью реализуются для хеширования целых чисел различного размера.

Чтобы оператор соединения имел характеристику `HASHES`, он должен входить в семейство операторов индексирования по хешу. Это требование откладывается, когда оператор только создаётся, ведь нужное семейство операторов, разумеется, ещё не может существовать. Но при попытке использовать такой оператор для соединения по хешу, возникнет ошибка во время выполнения, если такого семейства не окажется. Системе необходимо знать семейство операторов, чтобы найти функции для хеширования типа(ов) входных данных оператора. Конечно, вы должны также определить подходящие функции хеширования, прежде чем сможете создать семейство операторов.

При подготовке функции хеширования обязательно позаботьтесь о том, чтобы она всегда выдавала нужный результат, вне зависимости от особенностей машинной архитектуры. Например, если ваш тип данных представлен в структуре, в которой есть незначащие дополняющие биты, нельзя просто передать всю структуру функции `hash_any`. (Это возможно, только если все ваши операторы и функции гарантированно очищают незначащие биты, что является рекомендуемой стратегией.) В качестве другого примера можно привести типы с плавающей точкой в стандарте IEEE, в которых отрицательный ноль и положительный ноль — различные значения (отличаются на уровне битов),

но при сравнении они считаются равными. Если значение с плавающей точкой может содержать отрицательный ноль, требуются дополнительные действия, чтобы для него выдавался тот же хеш, что и для положительного нуля.

Оператор соединения по хешу должен иметь коммутрующий (это может быть тот же оператор, если у него два операнда одного типа, либо связанный оператор равенства, в противном случае), относящийся к тому же семейству операторов. В случае его отсутствия, при попытке использования оператора возможны ошибки планировщика. Также желательно (хотя это строго не требуется), чтобы в семействе операторов хеширования, поддерживающем несколько типов данных, определялись операторы равенства для всех комбинаций этих типов данных; это способствует лучшей оптимизации.

Примечание

Функция, реализующая оператор соединения по хешу, должна быть постоянной (IMMUTABLE) или стабильной (STABLE). Если эта функция изменчивая (VOLATILE), система никогда не будет применять этот оператор для соединения по хешу.

Примечание

Если оператор соединения по хешу реализуется строгой функцией (STRICT), эта функция также должна быть полной: то есть она должна возвращать true или false, но не NULL, для любых двух аргументов, отличных от NULL. Если это правило не соблюдается, оптимизация операций `IN` с хешем может приводить к неверным результатам. (В частности, выражение `IN` может вернуть false, когда правильным ответом, согласно стандарту, должен быть NULL, либо выдать ошибку с сообщением о том, что оно не готов к результату NULL.)

38.14.6. MERGES

Предложение `MERGES`, если присутствует, говорит системе, что для соединений с применением этого оператора допустимо использовать метод соединения слиянием. `MERGES` имеет смысл только для бинарного оператора, который возвращает `boolean`, и на практике этот оператор должен выражать равенство значений некоторого типа данных или пары типов данных.

Идея объединения слиянием заключается в упорядочивании таблиц слева и справа и затем параллельном сканировании их. Поэтому оба типа данных должны поддерживать сортировку в полном объеме, а оператор соединения должен давать положительный результат только для пар значений, оказавшихся в «одном месте» при определённом порядке сортировки. На практике это означает, что оператор соединения должен работать как проверка на равенство. Но при этом возможно объединить слиянием два различных типа данных, если они совместимы логически. Например, оператор проверки равенства `smallint` и `integer` может применяться для соединений слиянием; понадобятся только операторы сортировки, приводящие оба типа данных в логически совместимые последовательности.

Чтобы оператор соединения имел характеристику `MERGES`, он должен являться членом семейства операторов индекса `btree`, реализующим равенство. Это требование откладывается, когда оператор только создаётся, ведь нужное семейство операторов, разумеется, ещё не может существовать. Но этот оператор не будет фактически применяться для соединений слиянием, пока не будет найдено соответствующее семейство операторов. Таким образом, флаг `MERGES` только подсказывает планировщику, что стоит обратиться к соответствующему семейству.

Оператор соединения слиянием должен иметь коммутрующий (это может быть тот же оператор, если у него два операнда одного типа, либо связанный оператор равенства, в противном случае), относящийся к тому же семейству операторов. В случае его отсутствия, при попытке использования оператора возможны ошибки планировщика. Также желательно (хотя это строго не требу-

ется), чтобы в семействе операторов `btree`, поддерживающем несколько типов данных, определялись операторы равенства для всех комбинаций этих типов данных; это способствует лучшей оптимизации.

Примечание

Функция, реализующая оператор соединения слиянием, должна быть постоянной (IMMUTABLE) или стабильной (STABLE). Если эта функция изменчивая (VOLATILE), система никогда не будет применять этот оператор для соединения слиянием.

38.15. Интерфейсы расширений для индексов

Описанные до этого процедуры позволяли определять новые типы, функции и операторы. Однако, мы ещё не можем определить индекс по столбцу нового типа данных. Для этого нам потребуется создать *класс операторов* для нового типа данных. Далее в этом разделе мы продемонстрируем эту концепцию на примере: мы создадим новый класс операторов для метода индекса-B-дерева, в котором будут храниться комплексные числа и сортироваться по возрастанию абсолютного значения.

Классы операторов могут объединяться в *семейства операторов*, выражающие зависимости между семантически совместимыми классами. Когда вводится один тип данных, достаточно класса операторов, так что мы начнём с него, а к семействам операторов вернёмся позже.

38.15.1. Методы индексов и классы операторов

В системном каталоге есть таблица `pg_am`, содержащая записи для каждого метода индекса (внутри называемого методом доступа). Поддержка обычного доступа к таблицам встроена в PostgreSQL, но все методы доступа описываются в `pg_am`. Система позволяет добавлять новые методы доступа — для этого нужно написать необходимый код, а затем добавить запись в `pg_am`, но это выходит за рамки данной главы (см. Главу 61).

Процедуры метода индекса непосредственно ничего не знают о типах данных, с которыми будет применяться этот метод. Вместо этого, набор операций, которые нужны методу индекса для работы с конкретным типом данных, определяется *классом операторов*. Классы операторов называются так потому, что они определяют множество операторов в предложении `WHERE`, которые могут использоваться с индексом (т. е. могут быть сведены к сканированию индекса). В классе операторов могут также определяться некоторые *опорные функции*, необходимые для внутренних операций метода индекса, но они не соответствуют напрямую каким-либо операторам предложения `WHERE`, которые могут обрабатываться с индексом.

Для одного типа данных и метода индекса можно определить несколько классов операторов. Благодаря этому, для одного типа данных можно использовать несколько семантически разных вариантов индексирования. Например, индекс-B-дерево требует, чтобы для каждого типа данных, с которым он работает, определялся порядок сортировки. Для типа комплексных чисел может быть полезен класс операторов B-дерева, сортирующий данные по модулю комплексного числа, и ещё один, сортирующий по вещественной части, и т. п. Обычно предполагается, что один из классов операторов будет применяться чаще других, и тогда он помечается как класс по умолчанию для данного типа и метода индекса.

Одно и то же имя класса операторов может использоваться для разных методов индекса (например, для методов индекса-B-дерева или хеш-индекса применяются классы операторов `int4_ops`), но все такие классы являются независимыми и должны определяться отдельно.

38.15.2. Стратегии методов индексов

Операторам, которые связываются с классом операторов, назначаются «номера стратегий», определяющие роль каждого оператора в контексте его класса. Например, в B-дереве должен быть строгий порядок ключей с отношениями меньше/больше, так что в данном контексте представля-

ют интерес операторы «меньше» и «больше или равно». Так как PostgreSQL позволяет пользователям определять операторы произвольным образом, PostgreSQL не может просто посмотреть на имя оператора (< или >=) и сказать, какое сравнение он выполняет. Вместо этого для метода индекса определяется набор «стратегий», которые можно считать обобщёнными операторами. Каждый класс операторов устанавливает, какие фактические операторы соответствуют стратегиям для определённого типа данных и интерпретации семантики индекса.

Для метода индекса-B-дерева определены пять стратегий, описанных в Таблице 38.2.

Таблица 38.2. Стратегии B-дерева

Операция	Номер стратегии
меньше	1
меньше или равно	2
равно	3
больше или равно	4
больше	5

Индексы по хешу поддерживают только сравнение на равенство, так что они используют только одну стратегию, показанную в Таблице 38.3.

Таблица 38.3. Стратегии хеша

Операция	Номер стратегии
равно	1

Индексы GiST более гибкие: для них вообще нет фиксированного набора стратегий. Вместо этого опорная процедура «согласованности» каждого конкретного класса операторов GiST интерпретирует номера стратегий как ей угодно. Например, некоторые из встроенных классов операторов для индексов GiST индексируют двумерные геометрические объекты, и реализуют стратегии «R-дерева», показанные в Таблице 38.4. Четыре из них являются истинно двумерными проверками (overlaps, same, contains, contained by); другие четыре учитывают только ординаты, а ещё четыре проводят же проверки только с абсциссами.

Таблица 38.4. Стратегии двумерного «R-дерева» индекса GiST

Операция	Номер стратегии
строго слева от	1
не простирается правее	2
пересекается с	3
не простирается левее	4
строго справа от	5
одинаковы	6
содержит	7
содержится в	8
не простирается выше	9
строго ниже	10
строго выше	11
не простирается ниже	12

Индексы SP-GiST такие же гибкие, как и индексы GiST: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 38.5 приведены номера стратегий, установленные для встроенных классов операторов для точек.

Таблица 38.5. Стратегии SP-GiST для точек

Операция	Номер стратегии
строго слева от	1
строго справа от	5
одинаковы	6
содержится в	8
строго ниже	10
строго выше	11

Индексы GIN такие же гибкие, как и индексы GiST и SP-GiST: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 38.6 приведены номера стратегий, установленные для встроенного класса операторов для массивов.

Таблица 38.6. Стратегии GIN для массивов

Операция	Номер стратегии
пересекается с	1
содержит	2
содержится в	3
равно	4

Индексы BRIN такие же гибкие, как и индексы GiST, SP-GiST и GIN: для них не задаётся фиксированный набор стратегий. Вместо этого опорные процедуры каждого класса операторов интерпретируют номера стратегий в соответствии с определением класса операторов. В качестве примера, в Таблице 38.7 приведены номера стратегий, используемые встроенными классами операторов Minmax.

Таблица 38.7. Стратегии BRIN Minmax

Операция	Номер стратегии
меньше	1
меньше или равно	2
равно	3
больше или равно	4
больше	5

Заметьте, что все вышеперечисленные операторы возвращают булевы значения. На практике все операторы, определённые как операторы поиска для метода индекса, должны возвращать тип `boolean`, так как они должны находиться на верхнем уровне предложения `WHERE`, чтобы для них применялся индекс. (Некоторые методы доступа по индексу также поддерживают *операторы упорядочивания*, которые обычно не возвращают булевы значения; это обсуждается в Подразделе 38.15.7.)

38.15.3. Опорные процедуры метода индекса

Стратегии обычно не дают системе достаточно информации, чтобы понять, как использовать индекс. На практике, чтобы методы индекса работали, необходимы дополнительные опорные процедуры. Например, метод индекса-B-дерева должен уметь сравнивать два ключа и определять, больше, равен или меньше ли первый второго. Аналогично, метод индекса по хешу должен уметь сравнивать хеш-коды значений ключа. Эти операции не соответствуют операторам, которые применяются в условиях в командах SQL; это внутрисистемные подпрограммы, используемые методами индекса.

Так же, как и со стратегиями, класс операторов определяет, какие конкретные функции должны играть каждую из ролей для определённого типа данных и интерпретации семантики индекса. Для метода индекса определяется набор нужных ему функций, а класс оператора выбирает нужные функции для применения, назначая им «номера опорных функций», определяемые методом индекса.

Для В-деревьев требуется опорная функция сравнения и могут предоставляться две дополнительные опорные функции по выбору разработчика класса операторов, описанные в Таблице 38.8. Требования к этим опорным функциям подробно рассматриваются в Разделе 63.3.

Таблица 38.8. Опорные функции В-деревьев

Функция	Номер опорной функции
Сравнивает два ключа и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго	1
Возвращает адреса вызываемых из С опорных функций (или функции) сортировки (необязательная)	2
Сравнивает проверяемое значение с базовым плюс/минус смещение и возвращает true или false в зависимости от результата сравнения (необязательная)	3

Для хеш-индексов требуется одна опорная функция, и ещё одна может задаваться по выбору разработчика класса операторов, как показано в Таблице 38.9.

Таблица 38.9. Опорные функции хеша

Функция	Номер опорной функции
Вычисляет 32-битное значение хеша для ключа	1
Вычисляет 64-битное значение хеша для ключа с заданной 64-битной солью; если значение соли равно 0, младшие 32 бита результата должны соответствовать значению, которое было бы вычислено функцией 1 (необязательная)	2

Для индексов GiST требуются девять опорных функций, две из которых необязательны; они описаны в Таблице 38.10. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 64.)

Таблица 38.10. Опорные функции GiST

Функция	Описание	Номер опорной функции
consistent	определяет, удовлетворяет ли ключ условию запроса	1
union	вычисляет объединение набора ключей	2
compress	вычисляет сжатое представление ключа или индексируемого значения	3
decompress	вычисляет развёрнутое представление сжатого ключа	4
penalty	вычисляет стоимость добавления нового ключа в поддерево с заданным ключом	5

Функция	Описание	Номер опорной функции
picksplit	определяет, какие записи страницы должны быть перемещены в новую страницу, и вычисляет ключи объединения для результирующих страниц	6
equal	сравнивает два ключа и возвращает true, если они равны	7
distance	определяет дистанцию от ключа до искомого значения (необязательная)	8
fetch	вычисляет исходное представление сжатого ключа для сканирования только по индексу (необязательная)	9

Для индексов SP-GiST требуются пять опорных функций, описанных в Таблице 38.11. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 65.)

Таблица 38.11. Опорные функции SP-GiST

Функция	Описание	Номер опорной функции
config	предоставляет основную информацию о классе операторов	1
choose	определяет, как вставить новое значение во внутренний элемент	2
picksplit	определяет, как разделить множество значений	3
inner_consistent	определяет, в каких внутренних ветвях нужно искать заданное значение	4
leaf_consistent	определяет, удовлетворяет ли ключ условию запроса	5

Для индексов GIN требуются шесть опорных функций, три из которых необязательны; они описаны в Таблице 38.12. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 66.)

Таблица 38.12. Опорные функции GIN

Функция	Описание	Номер опорной функции
compare	сравнивает два ключа и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго	1
extractValue	извлекает ключи из индексируемого значения	2
extractQuery	извлекает ключи из условия запроса	3
consistent	определяет, соответствует ли значение условию запроса (булевская вариация) (не требуется, если присутствует опорная функция 6)	4

Функция	Описание	Номер опорной функции
<code>comparePartial</code>	сравнивает частичный ключ из запроса с ключом из индекса и возвращает целое число меньше нуля, ноль или больше нуля, показывающее, что GIN должен игнорировать эту запись индекса, принять её как соответствующую или прекратить сканирование индекса (необязательная)	5
<code>triConsistent</code>	определяет, соответствует ли значение условию запроса (троичная вариация) (не требуется, если присутствует опорная функция 4)	6

Для индексов BRIN требуются четыре базовые опорные функции, перечисленные в Таблице 38.13; для этих базовых функций может потребоваться предоставить дополнительные опорные функции. (За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 67.3.)

Таблица 38.13. Опорные функции BRIN

Функция	Описание	Номер опорной функции
<code>opcInfo</code>	возвращает внутреннюю информацию, описывающую сводные данные по индексированным столбцам	1
<code>add_value</code>	добавляет новое значение в существующий сводный кортеж индекса	2
<code>consistent</code>	определяет, удовлетворяет ли значение условию запроса	3
<code>union</code>	вычисляет объединение двух обобщающих кортежей	4

В отличие от операторов поиска, опорные функции возвращают тот тип данных, который ожидает конкретный метод индекса; например, функция сравнения для B-деревьев возвращает знаковое целое. Количество и типы аргументов для каждой опорной функции так же зависят от метода индекса. Для методов B-дерева и хеша функции сравнения и хеширования принимают те же типы данных, что и операторы, включённые в класс операторов, но для большинства опорных функций GiST, SP-GiST, GIN и BRIN это не так.

38.15.4. Пример

Теперь, когда мы познакомились с основными идеями, мы можем перейти к обещанному примеру создания нового класса операторов. (Рабочую копию этого примера можно найти в `src/tutorial/complex.c` и `src/tutorial/complex.sql` в пакете исходного кода.) Класс операторов включает операторы, сортирующие комплексные числа по порядку абсолютных значений, поэтому мы выбрали для него имя `complex_abs_ops`. Во-первых, нам понадобится набор операторов. Процедура определения операторов была рассмотрена в Разделе 38.13. Для класса операторов B-деревьев нам понадобятся операторы:

- абсолютное-значение меньше (стратегия 1)
- абсолютное-значение меньше-или-равно (стратегия 2)
- абсолютное-значение равно (стратегия 3)
- абсолютное-значение больше-или-равно (стратегия 4)
- абсолютное-значение больше (стратегия 5)

Чтобы не провоцировать ошибки при определении связанного набора операторов сравнения, лучше всего сначала написать вспомогательную функцию сравнения для В-дерева, а затем написать другие функции как однострочные оболочки этой вспомогательной функции. Это уменьшит вероятность получения несогласованных результатов в исключительных случаях. Следуя этому подходу, мы сначала напишем:

```
#define Mag(c) ((c)->x*(c)->x + (c)->y*(c)->y)

static int
complex_abs_cmp_internal(Complex *a, Complex *b)
{
    double      amag = Mag(a),
               bmag = Mag(b);

    if (amag < bmag)
        return -1;
    if (amag > bmag)
        return 1;
    return 0;
}
```

Теперь функция «меньше» будет выглядеть так:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(complex_abs_lt);

Datum
complex_abs_lt(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Complex      *a = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(0);
    Complex      *b = (Complex *) PG_GETARG_POINTER(1);

    PG_RETURN_BOOL(complex_abs_cmp_internal(a, b) < 0);
}
```

Остальные четыре функции отличаются от неё только тем, как сравнивают результат внутренней функции с нулём.

Затем мы объявим в SQL функции и операторы на основе этих функций:

```
CREATE FUNCTION complex_abs_lt(complex, complex) RETURNS bool
    AS 'имя_файла', 'complex_abs_lt'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;

CREATE OPERATOR < (
    leftarg = complex, rightarg = complex, procedure = complex_abs_lt,
    commutator = > , negator = >= ,
    restrict = scalarltsel, join = scalarltjoinsel
);
```

Важно правильно определить обратные и коммутирующие операторы, а также подходящие функции избирательности ограничения и соединения; иначе оптимизатор не сможет использовать наш индекс эффективно.

Здесь также стоит обратить внимание на следующее:

- Учтите, что может быть только один оператор с именем, например, =, который будет принимать тип complex с двух сторон. В этом случае у нас не будет другого оператора = для complex, но если мы создаём практически полезный тип данных, вероятно, мы захотим, чтобы оператор = проверял обычное равенство двух комплексных чисел (а не равенство их абсолютных значений). В этом случае, для complex_abs_eq нужно выбрать какое-то другое имя оператора.

- Хотя в PostgreSQL разные функции могут иметь одинаковые имена SQL, если у них различные типы аргументов, в С только одна глобальная функция может иметь заданное имя. Поэтому не следует давать функции на С имя вроде `abs_eq`. Во избежание конфликтов с функциями для других типов данных, в имя функции на С обычно включается имя конкретного типа данных.
- Мы могли быть дать нашей функции имя `abs_eq` в SQL, рассчитывая на то, что PostgreSQL отличит её от любых других одноимённых функций SQL по типам аргументов. Но в данном случае для упрощения примера мы дали ей одинаковые имена на уровне С и уровне SQL.

На следующем этапе регистрируется опорная процедура, необходимая для В-деревьев. В нашем примере код С, реализующий её, находится в том же файле, что и функции операторов. Мы объявляем эту процедуру так:

```
CREATE FUNCTION complex_abs_cmp(complex, complex)
    RETURNS integer
    AS 'имя_файла'
    LANGUAGE C IMMUTABLE STRICT;
```

Теперь, когда мы объявили требуемые операторы и опорную функцию, мы наконец можем создать класс операторов:

```
CREATE OPERATOR CLASS complex_abs_ops
    DEFAULT FOR TYPE complex USING btree AS
        OPERATOR          1          < ,
        OPERATOR          2          <= ,
        OPERATOR          3          = ,
        OPERATOR          4          >= ,
        OPERATOR          5          > ,
        FUNCTION           1          complex_abs_cmp(complex, complex);
```

Вот и всё! Теперь должно быть возможно создавать и использовать индексы В-деревья по столбцам `complex`.

Операторы можно было записать более многословно, например, так:

```
OPERATOR          1          < (complex, complex) ,
```

но в этом необходимости, так как эти операторы принимают тот же тип данных, для которого определяется класс операторов.

В приведённом примере предполагается, что этот класс операторов будет классом операторов В-дерева по умолчанию для типа `complex`. Если вам это не нужно, просто опустите слово `DEFAULT`.

38.15.5. Семейства и классы операторов

До этого мы неявно полагали, что класс операторов работает только с одним типом данных. Хотя в конкретном индексируемом столбце, определённо, может быть только один тип данных, часто бывает полезно индексировать операции, сравнивающие значение столбца со значением другого типа. Также, если в сочетании с классом операторов возможно применение оператора, работающего с двумя типами, для другого типа данных обычно тоже создаётся собственный класс. В таких случаях полезно установить явную связь между связанными классами, так как это поможет планировщику оптимизировать SQL-запросы (особенно для классов операторов В-дерева, потому что планировщик хорошо знает, как работать с ними).

Для удовлетворения этих потребностей в PostgreSQL введена концепция *семейства операторов*. Семейство операторов содержит один или несколько классов операторов и может также содержать индексируемые операторы и соответствующие опорные функции, принадлежащие к семейству в целом, но не к какому-то одному классу в нём. Мы называем такую связь операторов и функций с семейством «слабой», в отличие от обычной связи с определённым классом. Как правило, классы содержат операторы с операндами одного типа, тогда как межтиповые операторы слабо связываются с семейством.

Все операторы и функции в семействе операторов должны иметь совместимую семантику; требования к совместимости устанавливаются методом индекса. Вы можете спросить, зачем в таком случае вообще выделять конкретные подмножества семейства в виде классов операторов; и на самом деле во многих случаях деление на классы не имеет значения, важно только связывание с семейством. Смысл классов операторов в том, что они определяют, какая часть семейства необходима для поддержки некоторого индекса. Если существует индекс, использующий класс операторов, этот класс нельзя будет удалить, не удалив индекс — но другие части семейства, а именно, другие классы операторов и слабосвязанные операторы, удалить можно. Таким образом, класс операторов должен определяться так, чтобы он содержал минимальный набор операторов и функций, обоснованно требующихся для работы с индексом по определённому типу данных, а связанные, но не существенные операторы могут добавляться в качестве слабосвязанных членов в семейство операторов.

В качестве примера, в PostgreSQL есть встроенное семейство операторов B-дерева `integer_ops`, включающее классы операторов `int8_ops`, `int4_ops` и `int2_ops` для индексов по столбцам `bigint` (`int8`), `integer` (`int4`) и `smallint` (`int2`), соответственно. В этом семействе также содержатся операторы межтипового сравнения, позволяющие сравнивать значения любых двух этих типов, так что индексом по любому из этих типов можно пользоваться, выполняя сравнение с другим типом. Это семейство можно представить такими определениями:

```
CREATE OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree;

CREATE OPERATOR CLASS int8_ops
DEFAULT FOR TYPE int8 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int8 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint8cmp(int8, int8) ,
  FUNCTION 2 btint8sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int8, int8, int8, boolean, boolean) ;

CREATE OPERATOR CLASS int4_ops
DEFAULT FOR TYPE int4 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int4 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint4cmp(int4, int4) ,
  FUNCTION 2 btint4sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int4, boolean, boolean) ;

CREATE OPERATOR CLASS int2_ops
DEFAULT FOR TYPE int2 USING btree FAMILY integer_ops AS
  -- standard int2 comparisons
  OPERATOR 1 < ,
  OPERATOR 2 <= ,
  OPERATOR 3 = ,
  OPERATOR 4 >= ,
  OPERATOR 5 > ,
  FUNCTION 1 btint2cmp(int2, int2) ,
  FUNCTION 2 btint2sortsupport(internal) ,
  FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int2, boolean, boolean) ;

ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree ADD
```

```
-- cross-type comparisons int8 vs int2
OPERATOR 1 < (int8, int2) ,
OPERATOR 2 <= (int8, int2) ,
OPERATOR 3 = (int8, int2) ,
OPERATOR 4 >= (int8, int2) ,
OPERATOR 5 > (int8, int2) ,
FUNCTION 1 btint82cmp(int8, int2) ,

-- cross-type comparisons int8 vs int4
OPERATOR 1 < (int8, int4) ,
OPERATOR 2 <= (int8, int4) ,
OPERATOR 3 = (int8, int4) ,
OPERATOR 4 >= (int8, int4) ,
OPERATOR 5 > (int8, int4) ,
FUNCTION 1 btint84cmp(int8, int4) ,

-- cross-type comparisons int4 vs int2
OPERATOR 1 < (int4, int2) ,
OPERATOR 2 <= (int4, int2) ,
OPERATOR 3 = (int4, int2) ,
OPERATOR 4 >= (int4, int2) ,
OPERATOR 5 > (int4, int2) ,
FUNCTION 1 btint42cmp(int4, int2) ,

-- cross-type comparisons int4 vs int8
OPERATOR 1 < (int4, int8) ,
OPERATOR 2 <= (int4, int8) ,
OPERATOR 3 = (int4, int8) ,
OPERATOR 4 >= (int4, int8) ,
OPERATOR 5 > (int4, int8) ,
FUNCTION 1 btint48cmp(int4, int8) ,

-- cross-type comparisons int2 vs int8
OPERATOR 1 < (int2, int8) ,
OPERATOR 2 <= (int2, int8) ,
OPERATOR 3 = (int2, int8) ,
OPERATOR 4 >= (int2, int8) ,
OPERATOR 5 > (int2, int8) ,
FUNCTION 1 btint28cmp(int2, int8) ,

-- cross-type comparisons int2 vs int4
OPERATOR 1 < (int2, int4) ,
OPERATOR 2 <= (int2, int4) ,
OPERATOR 3 = (int2, int4) ,
OPERATOR 4 >= (int2, int4) ,
OPERATOR 5 > (int2, int4) ,
FUNCTION 1 btint24cmp(int2, int4) ,

-- cross-type in_range functions
FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int8, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int4, int4, int2, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int8, boolean, boolean) ,
FUNCTION 3 in_range(int2, int2, int4, boolean, boolean) ;
```

Заметьте, что в определении семейства «перегружаются» номера стратегий операторов и опорных функций: каждый номер фигурирует в семействе неоднократно. Это допускается, если для каждого экземпляра определённого номера задаются свои типы данных. Экземпляры, у которых оба

входных типа совпадают с входным типом класса операторов, являются первичными операторами и опорными функциями для этого класса, и в большинстве случаев они должны объявляться в составе класса операторов, а не быть слабосвязанными членами семейства.

В семействе операторов В-дерева все операторы должны быть совместимыми в контексте сортировки; это подробно описано в Разделе 63.2. Для каждого оператора в семействе должна существовать опорная функция, принимающая на вход те же два типа, что и оператор. Семейство рекомендуется делать полным, то есть включать в него все операторы для каждого сочетания типов данных. В классы операторов следует включать только однотиповые операторы и опорные функции для определённого типа данных.

Чтобы создать семейство операторов хеширования для нескольких типов данных, необходимо создать совместимые функции поддержки хеша для каждого типа данных, который будет поддерживать семейство. Здесь под совместимостью понимается гарантия получения одного хеш-кода для любых двух значений, которые операторы сравнения в этом семействе считают равными, даже если они имеют разные типы. Обычно это сложно осуществить, когда типы имеют разное физическое представление, но в некоторых случаях всё же возможно. Более того, преобразование значения одного типа данных, представленного в семействе операторов, к другому типу, также представленному в этом семействе, путём неявного или двоичного сведения не должно менять значение вычисляемого хеша. Заметьте, что единственная опорная функция задаётся для типа данных, а не для оператора равенства. Семейство рекомендуется делать полным, то есть включить в него оператор равенства для всех сочетаний типов данных. В классы операторов следует включать только однотиповый оператор равенства и опорную функцию для определённого типа данных.

В индексах GiST, SP-GiST и GIN межтиповые операции явно не выражены. Множество поддерживаемых операторов определяется только теми операциями, которые могут выполнять основные опорные функции заданного класса операторов.

В BRIN требования зависят от инфраструктуры, предоставляющей классы операторов. Для классов операторов, построенных на инфраструктуре `minmax`, требуется то же поведение, что и для семейств операторов В-дерева: все операторы в семействе должны поддерживать совместимый порядок, а приведения не должны влиять на установленный порядок сортировки.

Примечание

До версии 8.3 в PostgreSQL не было понятия семейства операторов, поэтому любые межтиповые операторы, предназначенные для применения с индексом, должны были привязываться непосредственно к классу оператора индекса. Хотя этот подход по-прежнему работает, он считается устаревшим, потому что он создаёт слишком много зависимостей для индекса, а также потому, что планировщик может выполнять межтиповые сравнения более эффективно, когда для обоих типов данных определены операторы в одном семействе.

38.15.6. Системные зависимости от классов операторов

PostgreSQL использует классы операторов для наделения операторов такими свойствами, которые могут быть полезны не только для индексов. Поэтому классы операторов могут быть полезны, даже если вы не намерены индексировать столбцы со значениями определённого вами типа.

В частности, это касается SQL-конструкций `ORDER BY` и `DISTINCT`, для которых требуется сравнивать и упорядочивать значения. Чтобы эти конструкции работали с определённым пользователем типом данных, PostgreSQL задействует класс операторов В-дерева по умолчанию для этого типа. Член «равно» этого класса определяет, как система будет понимать равенство значений для `GROUP BY` и `DISTINCT`, а порядок сортировки, задаваемый классом операторов, определяет порядок `ORDER BY` по умолчанию.

Если класс операторов В-дерева по умолчанию для типа данных не определён, система будет искать класс операторов хеширования по умолчанию. Но так как подобный класс поддерживает только равенство, с ним будет возможна только группировка, но не сортировка.

Если для типа не определён класс операторов по умолчанию, попытавшись использовать эти конструкции SQL с данным типом, вы получите ошибку вида «не удалось найти оператор сортировки».

Примечание

До версии PostgreSQL 7.4, в операциях сортировки и группировки неявно использовались операторы с именами `=`, `<` и `>`. С новым подходом, опирающимся на классы операторов по умолчанию, система не делает никаких предположений о поведении операторов по их именам.

Сортировка с нестандартным классом операторов В-дерева возможна, если указать в предложении `USING` оператор «меньше или равно» в данном классе:

```
SELECT * FROM mytable ORDER BY somecol USING ~<~;
```

Также возможно выполнить сортировку в порядке по убыванию, если указать в `USING` оператор «больше или равно».

Сравнение массивов пользовательских типов также производится в зависимости от семантики, определённой классом операторов В-дерева. Если класс операторов В-дерева по умолчанию для данного типа не определён, но имеется класс операторов хеширования, то будет поддерживаться сравнение массивов, но не упорядочивание.

Ещё одна возможность языка SQL, которая требует дополнительных знаний о типе данных — это указание `RANGE смещение PRECEDING/FOLLOWING` для оконных функций (см. Подраздел 4.2.8). Для запроса вида

```
SELECT sum(x) OVER (ORDER BY x RANGE BETWEEN 5 PRECEDING AND 10 FOLLOWING)
FROM mytable;
```

недостаточно знать, как упорядочить `x`; база данных должна также понимать, как «вычесть 5» или «прибавить 10» к значению `x` в текущей строке для определения рамок текущего окна. Сравнить результирующие границы со значениями `x` в других строках можно используя операторы сравнения, предоставленные классом операторов В-дерева, которые задают упорядочивание `ORDER BY`, но операторы сложения и вычитания не входят в этот класс операторов. Так какие же использовать в этом случае? Жёстко зафиксировать операторы в коде было бы нежелательно, так как при различных порядках сортировки (с различными классами операторов В-дерева) поведение может меняться. Поэтому класс операторов В-дерева позволяет задать опорную функцию `in_range`, осуществляющую сложение и вычитание в соответствии с порядком сортировки. Опорных функций `in_range` может быть даже несколько, если в качестве смещения в предложениях `RANGE` имеет смысл передавать данные разных типов. Если в классе операторов В-дерева, связанном с указанным для окна предложением `ORDER BY`, нет подходящей опорной функции `in_range`, то указание `RANGE смещение PRECEDING/FOLLOWING` не поддерживается.

Также важно отметить, что оператор равенства, указанный в семействе операторов хеширования, является кандидатом для применения при слиянии и агрегации по хешу, а также при связанной оптимизации. Семейство операторов хеширования играет в данном случае определяющую роль, так как именно в нём задаётся функция хеширования.

38.15.7. Операторы упорядочивания

Некоторые методы доступа индексов (в настоящее время только GiST) поддерживают концепцию *операторов упорядочивания*. Операторы, которые мы обсуждали до этого, были *операторами поиска*. Оператором поиска называется такой оператор, для которого можно выполнить поиск по индексу и найти все строки, удовлетворяющие условию `WHERE индексированный_столбец оператор константа`. Заметьте, что при этом ничего не говорится о порядке, в котором будут возвращены подходящие строки. Оператор упорядочивания, напротив, не ограничивает набор возвращаемых строк, но определяет их порядок. С таким оператором, просканировав индекс, можно получить строки в порядке, заданном указанием `ORDER BY индексированный_столбец оператор константа`.

Такое определение объясняется тем, что оно поддерживает поиск ближайшего соседа, если этот оператор вычисляет расстояние. Например, запрос

```
SELECT * FROM places ORDER BY location <-> point '(101,456)' LIMIT 10;
```

находит десять ближайших к заданной точке мест. Индекс GiST по столбцу location может сделать это эффективно, так как <-> — это оператор упорядочивания.

Тогда как операторы поиска должны возвращать булевские результаты, операторы упорядочивания обычно возвращают другой тип, например, float или numeric для расстояний. Этот тип, как правило, отличается от типа индексируемых данных. Чтобы избежать жёстко запрограммированных предположений о поведении различных типов данных, при объявлении оператора упорядочивания должно указываться семейство операторов В-дерева, определяющее порядок сортировки результирующего типа данных. Как было отмечено в предыдущем разделе, семейства операторов В-дерева определяют понятие упорядочивания для PostgreSQL, так что такое объявление оказывается естественным. Так как оператор <-> для точек возвращает float8, его можно включить в команду создания класса операторов так:

```
OPERATOR 15      <-> (point, point) FOR ORDER BY float_ops
```

где float_ops — встроенное семейство операторов, включающее операции с float8. Это объявление означает, что индекс может возвращать строки в порядке увеличения значений оператора <->.

38.15.8. Особенности классов операторов

Есть ещё две особенности классов операторов, которые мы до этого не обсуждали, в первую очередь потому, что они не востребованы для наиболее часто применяемых методов индексов.

Обычно объявление оператора в качестве члена класса операторов (или семейства) означает, что метод индекса может получить точно набор строк, который удовлетворяет условию WHERE с этим оператором. Например, запрос:

```
SELECT * FROM table WHERE integer_column < 4;
```

может быть удовлетворён в точности индексом-В-деревом по целочисленному столбцу. Но бывают случаи, когда индекс полезен как приблизительный указатель на соответствующие строки. Например, если индекс GiST хранит только прямоугольники, описанные вокруг геометрических объектов, он не может точно удовлетворить условие WHERE, которое проверяет пересечение не прямоугольных объектов, а например, многоугольников. Однако этот индекс можно применить, чтобы найти объекты, для которых описанные вокруг прямоугольники пересекаются с прямоугольником, описанным вокруг целевого объекта, а затем провести точную проверку пересечения только для найденных по индексу объектов. Если это имеет место, такой индекс называется «неточным» для оператора. Для реализации поиска по неточному индексу метод индекса возвращает флаг *recheck* (перепроверить), когда строка может действительно удовлетворять, а может не удовлетворять условию запроса. Затем исполнитель запроса перепроверяет полученную строку по исходному условию запроса и определяет, должна ли она выдаваться как действительно соответствующая ему. Этот подход работает, если индекс гарантированно выдаёт все требуемые строки плюс, возможно, дополнительные строки, которые можно исключить, вызвав первоначальный оператор. Методы индексов, поддерживающие неточный поиск (в настоящее время, GiST, SP-GiST и GIN), позволяют устанавливать флаг *recheck* опорным функциям отдельных классов операторов, так что по сути это особенность класса операторов.

Вернёмся к ситуации, когда мы храним в индексе только прямоугольник, описанный вокруг сложного объекта, такого как многоугольник. В этом случае нет большого смысла хранить в элементе индекса весь многоугольник — мы можем с тем же успехом хранить более простой объект типа *box*. Это отклонение выражается указанием STORAGE в команде CREATE OPERATOR CLASS, которое записывается примерно так:

```
CREATE OPERATOR CLASS polygon_ops
    DEFAULT FOR TYPE polygon USING gist AS
```

```
...
STORAGE box;
```

В настоящее время, только методы индексов GiST, GIN и BRIN позволяют задать в `STORAGE` тип, отличный от типа данных столбца. В GiST преобразованием данных, связанным с использованием `STORAGE`, должны заниматься опорные процедуры `compress` и `decompress`. В GIN тип `STORAGE` определяет тип значений «ключа», который обычно отличается от типа индексируемого столбца — например, в классе операторов для столбцов с целочисленным массивом ключами могут быть просто целые числа. За извлечение ключей из индексированных значений в GIN отвечают опорные функции `extractValue` и `extractQuery`. BRIN похож на GIN: в нём тип `STORAGE` определяет тип хранимых обобщённых значений, а опорные процедуры классов операторов отвечают за правильное прочтение этих значений.

38.16. Упаковывание связанных объектов в расширение

Полезное расширение PostgreSQL обычно включает несколько объектов SQL; например, с появлением нового типа данных могут потребоваться новые функции, новые операторы и новые классы операторов. Все эти объекты удобно собрать в один пакет, с тем чтобы упростить управление базой данных. В PostgreSQL такие пакеты называются *расширениями*. Чтобы определить расширение, вам понадобится как минимум *файл скрипта* с командами SQL, создающими объекты расширения, и *управляющий файл*, в котором определяются несколько базовых свойств самого расширения. Если расширение написано на C, в него обычно также включается файл разделяемой библиотеки, содержащий скомпилированный код. Обеспечив наличие этих файлов, загрузить их в базу данных можно простой командой `CREATE EXTENSION`.

Основное преимущество расширений по сравнению с обычным SQL-скриптом, загружающим множество «разрозненных» объектов в базу данных, состоит в том, что PostgreSQL будет понимать, что объекты расширения связаны вместе. Вы можете удалить все объекты одной командой `DROP EXTENSION` (разрабатывать отдельный скрипт «`uninstall`» не требуется). Ещё полезнее то, что утилита `pg_dump` знает, что не нужно выгружать отдельные объекты, составляющие расширение — вместо этого она просто включит в архивный файл команду `CREATE EXTENSION`. Это кардинально упрощает миграцию на новую версию расширения, которая может содержать новые или другие объекты по сравнению с предыдущей версией. Заметьте, однако, что при загрузке такого архива в базу данных обязательно наличие скрипта, управляющего файла и других файлов расширения.

PostgreSQL не позволит удалить отдельный объект, содержащийся в расширении, кроме как при удалении всего расширения. Также имейте в виду, что вы можете изменить определение объекта, относящегося к расширению (например, командой `CREATE OR REPLACE FUNCTION` для функции), но изменённое определение не будет выгружено утилитой `pg_dump`. Такие изменения обычно разумны, только если они параллельно отражаются в файле скрипта расширения. (Для таблиц, содержащих конфигурационные данные, предусмотрены специальные средства; см. Подраздел 38.16.4.) В производственной среде обычно лучше создавать скрипт обновления расширения, который будет изменять относящиеся к расширению объекты.

Скрипт расширения может устанавливать права доступа для объектов, являющихся частью расширения, выполняя команды `GRANT` и `REVOKE`. Окончательный набор прав для каждого объекта (если они заданы) будет сохранён в системном каталоге `pg_init_privs`. При использовании `pg_dump` в выгружаемый скрипт будет выведена команда `CREATE EXTENSION` с последующими операторами `GRANT` и `REVOKE`, которые установят права, имевшие место в момент выгрузки.

PostgreSQL в настоящее время не поддерживает скрипты расширений, выполняющие операторы `CREATE POLICY` или `SECURITY LABEL`. Ожидается, что такие команды будут выполняться после того, как расширение будет создано. Выгружая данные, `pg_dump` будет также включать в вывод все политики RLS и метки безопасности.

Механизм расширений также предоставляет средства для поддержки дополнительных скриптов, призванных изменять определение объектов SQL, содержащихся в расширении. Например, если

версия расширения 1.1, по сравнению с версией 1.0, добавляет одну функцию и изменяет тело другой функции, автор расширения может предоставить *скрипт обновления*, который произведёт именно эти два изменения. Затем, воспользовавшись командой `ALTER EXTENSION UPDATE`, можно будет применить эти изменения и отследить, какая версия расширения фактически установлена в заданной базе данных.

Типы SQL-объектов, которые могут быть членами расширения, перечислены в описании `ALTER EXTENSION`. Не могут быть его членами, в частности, объекты уровня кластера, такие как базы данных, роли и табличные пространства, так как расширение существует только в рамках одной базы данных. (Скрипту расширения не запрещается создавать такие объекты, но если он сделает это, они не будут считаться частью расширения.) Также заметьте, что несмотря на то, что таблица может быть членом расширения, её подчинённые объекты, такие как индексы, непосредственными членами расширения считаться не будут. Ещё один важный момент — схемы могут принадлежать расширениям, но не наоборот; поэтому расширение имеет неполное имя и не существует «внутри» какой-либо схемы. Однако объекты-члены расширения, будут относиться к схемам, если это уместно для их типов. Сами расширения могут иметь, а могут не иметь основания владеть схемами, к которым относятся объекты-члены расширения.

Если скрипт расширения создаёт какие-либо временные объекты (например, временные таблицы), эти объекты будут считаться членами расширения до конца текущего сеанса, но удалятся автоматически в конце сеанса, как и должны временные объекты. Это является исключением из правила, запрещающего удаление объектов-членов расширения без удаления всего расширения.

38.16.1. Определение объектов расширения

В широко распространяемых расширениях должны закладываться минимальные предположения о базе данных, которую они занимают. В частности, пока не выполнена команда `SET search_path = pg_temp`, можно считать, что каждое неполное имя может быть разрешено в объект, созданный злонамеренным пользователем. Опасайтесь конструкций, явно зависящих от `search_path`: `IN` и `CASE выражение WHEN` всегда выбирают оператор по пути поиска. Вместо них следует использовать `OPERATOR(схема.=) ANY` и `CASE WHEN выражение`.

38.16.2. Файлы расширений

Команда `CREATE EXTENSION` задействует управляющий файл расширения, который должен называться по имени расширения, с суффиксом `.control`, и должен быть помещён в каталог сервера `SHAREDIR/extension`. Должен быть также ещё минимум один SQL-скрипт, с именем, соответствующим шаблону *расширение--версия.sql* (например, `foo--1.0.sql` для версии 1.0 расширения `foo`). По умолчанию скрипт(ы) также помещается в каталог `SHAREDIR/extension`; но в управляющем файле можно задать и другой каталог.

Формат управляющего файла расширения не отличается от формата `postgresql.conf`, а именно представляет собой список присвоений *имя_параметра = значение*, по одному в строке. В нём также допускаются пустые строки и комментарии, начинающиеся с `#`. Все значения, отличные от единственного слова или числа, в нём должны заключаться в кавычки.

В управляющем файле могут устанавливаться следующие параметры:

`directory (string)`

Каталог, содержащий SQL-скрипт(ы) расширения. Если только не задан абсолютный путь, это имя рассматривается относительно каталога сервера `SHAREDIR`. По умолчанию подразумевается указание `directory = 'extension'`.

`default_version (string)`

Версия расширения по умолчанию (та, которая будет установлена, если в `CREATE EXTENSION` не будет указана никакая версия). Хотя этот параметр можно опустить, это приведёт к ошибке в `CREATE EXTENSION` без явного указания `VERSION`, что вряд ли будет желаемым поведением.

`comment (string)`

Комментарий (произвольная строка) к расширению. Комментарий применяется при изначальном создании расширения, но не при обновлениях расширения (так как при этом мог бы заменяться комментарий, заданный пользователем). Комментарий расширения также можно задать посредством команды `COMMENT` в файле скрипта.

`encoding (string)`

Кодировка символов, используемая в файлах скриптов. Её следует указать, если эти файлы содержат символы не из набора ASCII. По умолчанию предполагается, что эти файлы содержат текст в кодировке базы данных.

`module_pathname (string)`

Значение этого параметра будет подставляться вместо каждого вхождения `MODULE_PATHNAME` в скриптах. Если этот параметр не задан, подстановка не производится. Обычно для этого параметра устанавливается значение `$libdir/имя_разделяемой_библиотеки`, а затем в командах `CREATE FUNCTION` для функций на языке C указывается `MODULE_PATHNAME`, чтобы в скриптах не приходилось жёстко задавать имя разделяемой библиотеки.

`requires (string)`

Список имён расширений, от которых зависит данное, например, `requires = 'foo, bar'`. Эти расширения должны быть уже установлены, прежде чем можно будет установить данное.

`superuser (boolean)`

Если этот параметр имеет значение `true` (по умолчанию), только суперпользователи смогут создать это расширение или обновить его до новой версии. Если он равен `false`, для этого будет достаточно прав, необходимых для выполнения команд в установочном скрипте или скрипте обновления.

`relocatable (boolean)`

Расширение является *перемещаемым*, если относящиеся к нему объекты после создания расширения можно переместить в другую схему. По умолчанию подразумевается `false`, то есть расширение не считается перемещаемым. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 38.16.3.

`schema (string)`

Этот параметр может задаваться только для непереключаемых расширений. Если он задан, расширение можно будет загрузить только в указанную схему и не в какую другую. Подробнее об этом рассказывается ниже. Параметр `schema` учитывается только при изначальном создании расширения, но не при его обновлении. Подробнее об этом рассказывается в Подразделе 38.16.3.

Помимо главного управляющего файла `расширение.control`, расширение может включать дополнительные управляющие файлы с именами вида `расширение--версия.control`. Если они присутствуют, они должны находиться в том же каталоге, что и основной скрипт. Дополнительные управляющие файлы имеют тот же формат, что и основной. Любые параметры, заданные в дополнительном управляющем файле, переопределяют параметры основного файла, когда выполняется установка этой версии расширения или обновление до неё. Однако параметры `directory` и `default_version` в дополнительных управляющих файлах задать нельзя.

SQL-скрипты расширений могут содержать любые команды SQL, за исключением команд управления транзакциями (`BEGIN`, `COMMIT` и т. д.) и команд, которые не могут выполняться внутри блока транзакции (например, `VACUUM`). Это объясняется тем, что эти скрипты неявно выполняются в блоке транзакции.

SQL-скрипты расширений также могут содержать строки, начинающиеся с `\echo`, и они будут игнорироваться (восприниматься как комментарии) механизмом расширений. Это часто использу-

ется для вывода ошибки в случае, если этот скрипт выполняется в `psql`, а не загружается командой `CREATE EXTENSION` (см. пример скрипта в Подразделе 38.16.7). Если такое выполнение не предотвратить, пользователи могут случайно загрузить содержимое расширения как «разрозненные» объекты, а не как собственно расширение, и получить состояние, которое довольно сложно исправить.

Тогда как файлы скриптов могут содержать любые символы, допустимые в указанной кодировке, управляющие файлы могут содержать только ASCII-символы, так как указать кодировку этих файлов в PostgreSQL нет никакой возможности. На практике это представляет проблему, только если вы хотите использовать символы не из набора ASCII в комментарии расширения. В таких случаях рекомендуется не использовать параметр `comment` в управляющем файле, а вместо этого задать комментарий командой `COMMENT ON EXTENSION` в файле скрипта.

38.16.3. Перемещаемость расширений

У пользователей часто возникает желание загрузить объекты, содержащиеся в расширении, в схему, отличную от той, что выбрал автор расширения. Насколько это поддерживает расширение, описывается одним из трёх уровней:

- Полностью перемещаемое расширение может быть перемещено в другую схему в любое время, даже после того, как оно загружено в базу данных. Это осуществляется командой `ALTER EXTENSION SET SCHEMA`, которая автоматически переименовывает все объекты-члены расширения, перенося их в новую схему. Обычно это возможно, только если в расширении нет никаких внутренних предположений о том, в какой схеме находятся все его объекты. Кроме того, все объекты расширения должны находиться в одной исходной схеме (за исключением объектов, не принадлежащих схемам, как например, процедурные языки). Чтобы пометить расширение как полностью перемещаемое, установите `relocatable = true` в его управляющем файле.
- Расширение может быть перемещаемым в момент установки, но не после. Обычно это имеет место, когда скрипту расширения необходимо явно ссылаться на целевую схему, например, устанавливая свойства `search_path` для функций SQL. Для такого расширения нужно задать `relocatable = false` в его управляющем файле и обращаться к целевой схеме в скрипте по псевдоимени `@extschema@`. Все вхождения этого псевдоимени будут заменены именем выбранной целевой схемы перед выполнением скрипта. Пользователь может выбрать целевую схему в указании `SCHEMA` команды `CREATE EXTENSION`.
- Если расширение вовсе не поддерживает перемещение, установите в его управляющем файле `relocatable = false`, и также задайте в параметре `schema` имя предполагаемой целевой схемы. Это предотвратит использование указания `SCHEMA` команды `CREATE EXTENSION`, если только оно задаёт не то же имя, что определено в управляющем файле. Этот выбор обычно необходим, если в расширении делаются внутренние предположения об именах схемы, которые нельзя свести к использованию псевдоимени `@extschema@`. Механизм подстановки `@extschema@` будет работать и в этом случае, хотя польза от него будет ограниченной, так как имя схемы определяется управляющим файлом.

В любом случае, при выполнении файла скрипта параметр `search_path` изначально будет указывать на целевую схему; то есть, `CREATE EXTENSION` делает то же, что и:

```
SET LOCAL search_path TO @extschema@;
```

Это позволяет направить объекты, создаваемые скриптом, в целевую схему. Скрипт может изменить `search_path`, если пожелает, но обычно это нежелательно. Параметр `search_path` восстанавливает предыдущее значение по завершении `CREATE EXTENSION`.

Целевая схема определяется параметром `schema` (если он задан) в управляющем файле, либо указанием `SCHEMA` команды `CREATE EXTENSION` (если оно присутствует), а в противном случае выбирается текущая схема для создания объектов по умолчанию (первая указанная в параметре `search_path` вызывающего). Когда используется параметр управляющего файла `schema`, целевая схема будет создана, если она ещё не существует, но в двух других случаях она должна уже существовать.

Если в параметре `requires` в файле управления указаны какие-либо расширения, необходимые для данного, их целевые схемы добавляются к начальному значению `search_path`. Благодаря этому, их объекты видны для скрипта нового расширения.

Хотя перемещаемое расширение может содержать объекты, распределяемые по нескольким схемам, обычно желательно поместить все объекты, предназначенные для внешнего использования, в одну схему, назначенную целевой схемой расширения. Такой порядок будет хорошо согласовываться со значением `search_path` по умолчанию в процессе создания зависимых расширений.

38.16.4. Конфигурационные таблицы расширений

Некоторые расширения включают конфигурационные таблицы, содержащие данные, которые могут быть добавлены или изменены пользователем после установки расширения. Обычно, если таблица является частью расширения, ни определение таблицы, ни её содержимое не будет выгружаться утилитой `pg_dump`. Но это поведение нежелательно для конфигурационных таблиц — изменения, внесённые в них пользователем, должны выгружаться; в противном случае расширение будет вести себя по-другому, когда будет загружено вновь.

Чтобы решить эту проблему, скрипт расширения может пометить созданную им таблицу или последовательность как конфигурационное отношение, в результате чего `pg_dump` включит в выгружаемые данные содержимое (но не определение) этой таблицы или последовательности. Для этого нужно вызвать функцию `pg_extension_config_dump(regclass, text)` после создания таблицы или последовательности, например так:

```
CREATE TABLE my_config (key text, value text);
CREATE SEQUENCE my_config_seq;

SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config', '');
SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config_seq', '');
```

Так можно пометить любое число таблиц или последовательностей, в том числе последовательно, связанные со столбцами `serial` или `bigserial`.

Когда второй аргумент `pg_extension_config_dump` — пустая строка, `pg_dump` выгружает всё содержимое таблицы. Обычно это правильно, только если после создания скриптом расширения эта таблица изначально пуста. Если же в таблице оказывается смесь начальных данных и данных, добавленных пользователем, во втором аргументе `pg_extension_config_dump` передаётся условие `WHERE`, которое отфильтровывает данные, подлежащие выгрузке. Например, имея таблицу, созданную таким образом:

```
CREATE TABLE my_config (key text, value text, standard_entry boolean);

SELECT pg_catalog.pg_extension_config_dump('my_config', 'WHERE NOT standard_entry');
```

можно сделать так, чтобы поле `standard_entry` содержало `true` только для строк, создаваемых скриптом расширения.

Для последовательностей второй аргумент функции `pg_extension_config_dump` не имеет значения.

В более сложных ситуациях, когда пользователи могут модифицировать и изначально существовавшие строки, можно создать триггеры для конфигурационной таблицы, которые корректно пометят изменённые строки.

Условие фильтра, связанное с конфигурационной таблицей, можно изменить, повторно вызвав `pg_extension_config_dump`. (Обычно это находит применение в скрипте обновления расширения.) Единственный способ обозначить, что некоторая таблица более не является конфигурационной — разорвать её связь с расширением командой `ALTER EXTENSION ... DROP TABLE`.

Заметьте, что отношения внешних ключей между таблицами определяют порядок, в котором эти таблицы будет выгружать `pg_dump`. В частности, `pg_dump` попытается выгрузить сначала основ-

ную таблицу, а затем подчинённую. Так как отношения внешних ключей устанавливаются во время выполнения `CREATE EXTENSION` (до загрузки данных в таблицы), циклические зависимости не поддерживаются. Когда образуются циклические зависимости, данные, тем не менее, будут выгружены, но полученный архив нельзя будет восстановить обычным образом, потребуется вмешательство пользователя.

Последовательности, связанные со столбцами `serial` или `bigserial`, не обязательно помечать непосредственно, чтобы их состояние было сохранено. Для этой цели достаточно пометить только их родительское отношение.

38.16.5. Обновление расширений

Один из плюсов механизма расширений заключается в том, что он предоставляет удобные способы управления обновлениями SQL-команд, определяющих объекты расширения. В частности, каждой выпускаемой версии установочного скрипта расширения назначается имя или номер версии. Кроме того, если вы хотите, чтобы пользователи могли динамически обновлять одну версию расширения до другой, вы должны предоставить *скрипты обновления*, которые внесут необходимые изменения для перехода от старой версии к новой. Скриптам обновлений назначаются имена, соответствующие шаблону *расширение--старая_версия--новая_версия.sql* (например, `foo--1.0--1.1.sql` будет содержать команды, меняющие версию 1.0 расширения `foo` на версию 1.1).

С условием, что имеется подходящий скрипт расширения, команда `ALTER EXTENSION UPDATE` обновит установленное расширение до указанной новой версии. Скрипт обновления запускается в том же окружении, которое организует команда `CREATE EXTENSION` для установочных скриптов: в частности, `search_path` устанавливается таким же образом, а любые новые объекты, созданные скриптом, автоматически добавляются в расширение. И если скрипт решит удалить объекты-члены расширения, они будут автоматически исключены из его состава.

Если у расширения есть дополнительные управляющие файлы, для скрипта обновления применяются те параметры, которые связаны с целевой (новой) версией скрипта.

Механизм обновления может использоваться для решения важной особой задачи: преобразование «разрозненной» коллекции объектов в расширение. До того как механизм расширений появился в PostgreSQL (в версии 9.1), многие писали модули разрешений, которые просто создавали множество неупакованных объектов. Но если у нас уже есть база данных с такими объектами, как их можно преобразовать в правильно упакованное расширение? Один из вариантов — удалить их и затем выполнить простую команду `CREATE EXTENSION`, но это нежелательно, если у объектов есть зависимости (например, если в таблицах есть столбцы типа данных, созданного расширением). Чтобы исправить эту ситуацию, можно создать пустое расширение, затем с помощью команды `ALTER EXTENSION ADD` добавить в него каждый существующий объект, и наконец, создать все новые объекты, которые есть в текущей версии расширения, но отсутствуют в неупакованном варианте. `CREATE EXTENSION` поддерживает этот сценарий предложением `FROM старая_версия`, с которым она не будет запускать обычный установочный скрипт для целевой версии, а запустит вместо этого скрипт обновления с именем *расширение--старая_версия--новая_версия.sql*. В качестве имени *старая_версия* автор расширения может выбрать любое фиктивное имя, но обычно задаётся `unpacked`. Если у вас несколько предыдущих версий, которые нужно привести к стилю расширения, выберите разные фиктивные имена версий, чтобы различить их.

`ALTER EXTENSION` также может выполнять последовательности скриптов обновления для получения запрошенной версии. Например, если имеются только скрипты `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--2.0.sql`, `ALTER EXTENSION` будет применять их по порядку, если при установленной версии 1.0 запрошено обновление до версии 2.0.

PostgreSQL не делает никаких предположений о свойствах имён версий: например, он не знает, следует ли версия 1.1 за 1.0. Он просто сопоставляет имена имеющихся версий и следует пути, который требует применить как можно меньше скриптов обновлений. (Именем версии на самом деле может быть любая строка, которая не содержит `--` и при этом не начинается и не заканчивается символом `-`.)

Иногда бывают полезны скрипты «понижения версии», например, `foo--1.1--1.0.sql`, которые позволяют откатить изменения, связанные с версией 1.1. Если вы применяете их, учтите, что есть вероятность неожиданного выполнения такого скрипта, если он окажется в кратчайшем пути. Рискованная ситуация возникает при наличии скрипта обновления по «короткому пути», который перепрыгивает через несколько версий, и скрипта понижения версии до начальной точки первого скрипта. В результате может получиться так, что понижение версии с последующим обновлением по короткому пути окажется на несколько шагов короче, чем последовательное повышение версии. Если скрипт понижения версии удаляет какие-либо незаменимые объекты, это может привести к нежелательным результатам.

Чтобы убедиться, что при обновлении не будет выбран нежелательный путь, воспользуйтесь этой командой:

```
SELECT * FROM pg_extension_update_paths('имя_расширения');
```

Она показывает каждую пару различных известных имён версий для указанного расширения, вместе с последовательностью обновления, которая будет выбрана для перехода от одной версии к другой, либо NULL, если путь обновления не находится. Путь выводится в текстовом виде с разделителями `--`. Если вы предпочитаете формат массива, вы можете применить `regexp_split_to_array(path, '--')`.

38.16.6. Установка расширений скриптами обновления

Расширение, существующее некоторое время, вероятно, будет иметь несколько версий, для которых автору надо будет писать скрипты обновления. Например, если вы выпустили расширение `foo` версий 1.0, 1.1 и 1.2, у вас должны быть скрипты обновления `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--1.2.sql`. До PostgreSQL версии 10 необходимо было также создавать файлы скриптов `foo--1.1.sql` и `foo--1.2.sql`, которые устанавливают непосредственно новые версии скриптов; в противном случае их можно было установить, только установив 1.0 и произведя обновление. Это было утомительно и неэффективно, но теперь такой необходимости нет, так как команда `CREATE EXTENSION` может сама построить цепочку обновлений. Например, если имеются только файлы скриптов `foo--1.0.sql`, `foo--1.0--1.1.sql` и `foo--1.1--1.2.sql`, то запрос на установку версии 1.2 удовлетворяется запуском этих трёх скриптов по очереди. Это не будет отличаться от установки версии 1.0 с последующим обновлением до 1.2. (Как и с командой `ALTER EXTENSION UPDATE`, при наличии нескольких путей выбирается самый короткий.) Организация скриптов расширения по такой схеме может упростить сопровождение небольших обновлений.

Если вы используете дополнительные (ориентированные на версию) управляющие файлы для расширения, поддерживаемого по такой схеме, имейте в виду, что управляющий файл нужен для каждой версии, даже если для неё нет отдельного скрипта установки, так как этот файл будет определять, как произвести неявное обновление до этой версии. Например, если в файле `foo--1.0.control` задаётся `requires = 'bar'`, а в других управляющих файлах `foo` — нет, зависимость расширения от `bar` будет удалена при обновлении с версии 1.0 до другой.

38.16.7. Пример расширения

Здесь представлен полный пример расширения, в котором средствами исключительно SQL реализуется составной тип с двумя элементами, который может сохранить в своих слотах значения любого типа, названные «k» и «v». Для хранения все значения переводятся в текстовый формат (если они имеют другой формат).

Файл скрипта `pair--1.0.sql` выглядит так:

```
-- complain if script is sourced in psql, rather than via CREATE EXTENSION
\echo Use "CREATE EXTENSION pair" to load this file. \quit
```

```
CREATE TYPE pair AS ( k text, v text );
```

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION pair(text, text)
RETURNS pair LANGUAGE SQL AS 'SELECT ROW($1, $2)::@extschema@.pair;';
```



```
CREATE OPERATOR ~> (LEFTARG = text, RIGHTARG = text, FUNCTION = pair);

-- "SET search_path" is easy to get right, but qualified names perform better.
CREATE OR REPLACE FUNCTION lower(pair)
RETURNS pair LANGUAGE SQL
AS 'SELECT ROW(lower($1.k), lower($1.v))::@extschema@.pair; '
SET search_path = pg_temp;

CREATE OR REPLACE FUNCTION pair_concat(pair, pair)
RETURNS pair LANGUAGE SQL
AS 'SELECT ROW($1.k OPERATOR(pg_catalog.||) $2.k,
               $1.v OPERATOR(pg_catalog.||) $2.v)::@extschema@.pair; ';
```

Управляющий файл `pair.control` выглядит так:

```
# расширение pair
comment = 'Тип данных для пары ключ/значение'
default_version = '1.0'
relocatable = false
```

Хотя вам вряд ли понадобится сборочный файл, только для того, чтобы установить эти два файла в нужный каталог, вы можете использовать `Makefile` следующего содержания:

```
EXTENSION = pair
DATA = pair--1.0.sql

PG_CONFIG = pg_config
PGXS := $(shell $(PG_CONFIG) --pgxs)
include $(PGXS)
```

Этот `Makefile` опирается на инфраструктуру `PGXS`, которая описывается в Разделе 38.17. С ним команда `make install` установит управляющий файл и скрипт в правильный каталог, который определит `pg_config`.

Когда эти файлы будут установлены, выполните команду `CREATE EXTENSION`, чтобы загрузить объекты в определённую базу данных.

38.17. Инфраструктура сборки расширений

Если вы задумываетесь о распространении ваших модулей расширения PostgreSQL, знайте, что организовать для них портируемую систему сборки может быть довольно сложно. Поэтому установка PostgreSQL включает инфраструктуру сборки расширений, названную `PGXS`, так что несложные модули расширений можно собрать просто в среде установленного сервера. `PGXS` предназначена в первую очередь для расширений, написанных на C, хотя её можно применять и для расширения на чистом SQL. Заметьте, что `PGXS` не претендует на роль универсальной инфраструктуры сборки, способной собрать любой программный объект, взаимодействующий с PostgreSQL; она просто автоматизирует общие правила для сборки простых модулей расширения сервера. Для более сложных пакетов вам придётся разработать собственную систему сборки.

Чтобы использовать инфраструктуру `PGXS` для вашего расширения, вы должны написать простой сборочный файл. В нём вы должны установить нужные переменные и подключить глобальный сборочный файл `PGXS`. Следующий пример собирает модуль расширения с именем `isbn_issn`, который включает разделяемую библиотеку, написанную на C, управляющий файл расширения, SQL-скрипт, текстовый файл документации и заголовочный файл (он нужен, только если другие модули будут вызывать функции данного расширения напрямую, без использования SQL):

```
MODULES = isbn_issn
EXTENSION = isbn_issn
DATA = isbn_issn--1.0.sql
```

```
DOCS = README.isbn_issn
HEADERS_isbn_issn = isbn_issn.h

PG_CONFIG = pg_config
PGXS := $(shell $(PG_CONFIG) --pgxs)
include $(PGXS)
```

Последние три строки всегда должны быть такими. Выше в файле вы определяете переменные или добавляете собственные правила для make.

Установите одну из этих трёх переменных, чтобы указать, что будет собрано:

MODULES

список объектов разделяемых библиотек, которые должны быть собраны из исходных файлов с одной основой (суффиксы библиотек в этом списке не указываются)

MODULE_big

разделяемая библиотека, которая должна быть собрана из нескольких исходных файлов (объектные файлы перечисляются в OBJS)

PROGRAM

исполняемая программа, которая должна быть собрана (объектные файлы перечисляются в OBJS)

Также можно установить следующие переменные:

EXTENSION

имена расширений(я); для каждого имени вы должны предоставить файл *расширение.control*, который будет установлен в *префикс/share/extension*

MODULEDIR

подкаталог в каталоге *префикс/share*, в который должны устанавливаться файлы DATA и DOCS (если не задан, подразумевается *extension*, если установлена переменная EXTENSION, или *contrib* в противном случае)

DATA

произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс/share/\$MODULEDIR*

DATA_built

произвольные файлы, которые должны быть сначала собраны, а затем установлены в *префикс/share/\$MODULEDIR*

DATA_TSEARCH

произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс/share/tsearch_data*

DOCS

произвольные файлы, которые должны быть установлены в *префикс/doc/\$MODULEDIR*

HEADERS

HEADERS_built

Файлы, которые будут устанавливаться (и, возможно, собираться) в *префикс/include/server/\$MODULEDIR/\$MODULE_big*.

В отличие от файлов DATA_built, файлы в HEADERS_built не удаляются при выполнении цели *clean*; если вы хотите удалять их, добавьте их в EXTRA_CLEAN или напишите собственные правила для этого.

HEADERS_\$MODULE

HEADERS_built_\$MODULE

Файлы, которые будут устанавливаться (если требуется, после сборки) в *префикс/include/server/\$MODULEDIR/\$MODULE*, где в качестве \$MODULE должно задаваться имя модуля, фигурирующее в MODULES или MODULE_big.

В отличие от файлов DATA_built, файлы в HEADERS_built_\$MODULE не удаляются при выполнении цели `clean`; если вы хотите удалять их, добавьте их в EXTRA_CLEAN или напишите собственные правила для этого.

Для одного модуля вполне можно использовать обе переменные в любом сочетании, если только в вашем списке MODULES не присутствуют два имени, отличающиеся только префиксом `built_`, что приводит к неоднозначности. В этом (очень маловероятном) случае следует использовать только переменные HEADERS_built_\$MODULE.

SCRIPTS

скрипты (не двоичные файлы), которые должны быть установлены в *префикс/bin*

SCRIPTS_built

скрипты (не двоичные файлы), которые должны быть сначала собраны, а затем установлены в *префикс/bin*

REGRESS

список тестов регрессий (без суффикса), см. ниже

REGRESS_OPTS

дополнительные параметры, передаваемые `pg_regress`

NO_INSTALLCHECK

не определять цель `installcheck`; это полезно, если тестам требуется особая конфигурация или `pg_regress` не используется

EXTRA_CLEAN

дополнительные файлы, которые должны быть удалены при `make clean`

PG_CPPFLAGS

флаги, добавляемые в CPPFLAGS

PG_LIBS

будет добавлено в строку компоновки PROGRAM

SHLIB_LINK

будет добавлено в строку компоновки MODULE_big

PG_CONFIG

путь к программе `pg_config` в инсталляции PostgreSQL, с которой будет выполняться сборка (обычно указывается просто `pg_config`, и используется первый экземпляр, найденный по пути в PATH)

Поместите этот сборочный файл под именем `Makefile` в каталог, где находится ваше расширение. После этого выполните `make`, чтобы скомпилировать, а затем `make install`, чтобы установить ваш модуль. По умолчанию расширение компилируется и устанавливается для той инсталляции PostgreSQL, которая соответствует экземпляру `pg_config`, найденному первым при поиске по пути

в `PATH`. Чтобы использовать другую инсталляцию, вы можете задать в `PG_CONFIG` путь к её экземпляру `pg_config` либо внутри сборочного файла, либо в командном файле `make`.

Вы также можете запустить `make` в каталоге вне каталога исходного дерева вашего расширения, если хотите отделить каталог сборки. Эта процедура называется сборкой с `VPATH` и выполняется так:

```
mkdir build_dir
cd build_dir
make -f /path/to/extension/source/tree/Makefile
make -f /path/to/extension/source/tree/Makefile install
```

Также вы можете подготовить каталог для сборки с `VPATH` таким же образом, как это делается в коде ядра сервера. Как один из вариантов, для этого можно воспользоваться скриптом ядра `config/prep_builtree`. Затем вы сможете выполнить сборку, установив переменную `VPATH` для `make` таким образом:

```
make VPATH=/path/to/extension/source/tree
make VPATH=/path/to/extension/source/tree install
```

Эта процедура поддерживает самые разные расположения каталогов.

Скрипты, перечисленные в переменной `REGRESS`, используются для тестирования регрессии в вашем модуле, и вызвать их можно командой `make installcheck` после `make install`. Для проведения тестов необходим работающий сервер PostgreSQL. Файлы скриптов, перечисленные в `REGRESS`, должны размещаться в подкаталоге `sql/` каталога расширения. Эти файлы должны иметь расширение `.sql`, но указывать его в списке `REGRESS` в сборочном файле не нужно. Для каждого теста также должен создаваться файл с ожидаемым выводом в подкаталоге `expected/`, с тем же базовым именем и расширением `.out`. Команда `make installcheck` выполнит каждый тест в `psql` и сравнит полученный вывод с ожидаемым. Все выявленные различия будут записаны в файл `regression.diffs` в формате команды `diff -c`. Заметьте, что при попытке запустить тест без файла ожидаемого вывода этот тест будет отмечен как «проблемный», поэтому убедитесь, что все такие файлы присутствуют.

Подсказка

Проще всего для этого создать пустые файлы ожидаемого вывода, а затем выполнить тест (при этом конечно будут выявлены несоответствия). Изучите полученные файлы результатов, сохранённые в каталоге `results/`, и, если они соответствуют вашим ожиданиям от теста, скопируйте их в `expected/`.

Глава 39. Триггеры

В этой главе содержится общая информация о разработке триггерных функций. Триггерные функции могут быть написаны на большинстве доступных процедурных языков, включая PL/pgSQL (Глава 43), PL/Tcl (Глава 44), PL/Perl (Глава 45) и PL/Python (Глава 46). После прочтения этого раздела, следует обратиться к разделу, посвящённому любимому процедурному языку, чтобы узнать специфические для него детали разработки триггеров.

Триггерные функции можно писать и на C, хотя большинство людей находит, что проще использовать один из процедурных языков. В настоящее время невозможно написать триггерную функцию на чистом SQL.

39.1. Обзор механизма работы триггеров

Триггер является указанием, что база данных должна автоматически выполнить заданную функцию, всякий раз когда выполнен определённый тип операции. Триггеры можно использовать с таблицами (секционированными и обычными), с представлениями и с внешними таблицами.

Для обычных и сторонних таблиц можно определять триггеры, которые будут срабатывать до или после любой из команд `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`; либо один раз для каждой модифицируемой строки, либо один раз для оператора SQL. Триггеры на `UPDATE` можно установить так, чтобы они срабатывали, только когда в предложении `SET` оператора `UPDATE` упоминаются определённые столбцы. Также триггеры могут срабатывать для операторов `TRUNCATE`. Если происходит событие триггера, для обработки этого события в установленный момент времени вызывается функция триггера.

Для представлений триггеры могут быть определены для выполнения вместо операций `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Такие триггеры `INSTEAD OF` вызываются единожды для каждой строки, которая должна быть изменена в этом представлении. Именно функция триггера отвечает за то, чтобы произвести необходимые изменения в нижележащих базовых таблицах представления и должным образом возвращать изменённые строки, чтобы они появлялись в представлении. Триггеры для представлений тоже могут быть определены так, что они будут выполняться единожды для всего оператора SQL, до или после операций `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. Однако такие триггеры срабатывают, только если для представления определён триггер `INSTEAD OF`. В противном случае все операторы, обращающиеся к представлению, должны быть переписаны в виде операторов, обращающихся к нижележащим базовым таблицам, и тогда будут срабатывать триггеры, установленные для этих таблиц.

Триггерная функция должна быть создана до триггера. Она должна быть объявлена без аргументов и возвращать тип `trigger`. (Триггерная функция получает данные на вход посредством специально переданной структуры `TriggerData`, а не в форме обычных аргументов.)

После создания триггерной функции создаётся триггер с помощью `CREATE TRIGGER`. Одна и та же триггерная функция может быть использована для нескольких триггеров.

PostgreSQL предлагает как *построчные*, так и *операторные* триггеры. В случае построчного триггера триггерная функция вызывается один раз для каждой строки, затронутой оператором, запустившим триггер. Операторный же триггер, напротив, вызывается только один раз при выполнении соответствующего оператора, независимо от количества строк, которые он затрагивает. В частности оператор, который не затрагивает никаких строк, всё равно приведёт к срабатыванию операторного триггера. Эти два типа триггеров также называют триггерами *уровня строк* и триггерами *уровня оператора*, соответственно. Триггеры на `TRUNCATE` могут быть определены только на уровне оператора, а не на уровне строк.

Триггеры также классифицируются в соответствии с тем, срабатывают ли они до, после или вместо операции. Они называются триггерами `BEFORE`, `AFTER` и `INSTEAD OF`, соответственно. Триггеры `BEFORE` уровня оператора срабатывают до того, как оператор начинает делать что-либо, тогда как триггеры `AFTER` уровня оператора срабатывают в самом конце работы оператора. Эти типы триг-

геров могут быть определены для таблиц, представлений или сторонних таблиц. Триггеры `BEFORE` уровня строки срабатывают непосредственно перед обработкой конкретной строки, в то время как триггеры `AFTER` уровня строки срабатывают в конце работы всего оператора (но до любого из триггеров `AFTER` уровня оператора). Эти типы триггеров могут определяться только для несекционированных таблиц и сторонних таблиц, но не для представлений. Триггеры `INSTEAD OF` могут определяться только для представлений и только на уровне строк: они срабатывают для каждой строки сразу после того как строка представления идентифицирована как подлежащая обработке.

Оператор, нацеленный на родительскую таблицу в иерархии наследования или секционирования, не вызывает срабатывания триггеров уровня оператора для задействованных дочерних таблиц; срабатывать будут только такие триггеры для родительской таблицы. Однако если для этих дочерних таблиц установлены триггеры уровня строк, они будут срабатывать.

Если запрос `INSERT` содержит предложение `ON CONFLICT DO UPDATE`, возможно совместное применение и триггеров уровня строк `BEFORE INSERT`, и триггеров уровня строк `BEFORE UPDATE`, которое отразится в окончательном состоянии изменяемой строки, если в запросе задействуются столбцы `EXCLUDED`. При этом обращение к `EXCLUDED` не обязательно должно иметь место в обоих наборах триггеров `BEFORE` на уровне строк. Следует рассмотреть возможность получения неожиданного результата, когда имеются и триггеры `BEFORE INSERT`, и `BEFORE UPDATE` на уровне строки, и они вместе модифицируют добавляемую/изменяемую строку (проблемы возможны, даже если изменения более или менее равнозначные, но при этом не идемпотентные). Заметьте, что триггеры `UPDATE` уровня оператора вызываются при `ON CONFLICT DO UPDATE` независимо от того, будут ли изменены какие-либо строки в результате `UPDATE` (и даже в случае, когда альтернативный путь `UPDATE` вообще не выбирается). При выполнении запроса `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` сначала выполняются триггеры `BEFORE INSERT`, затем триггеры `BEFORE UPDATE`, потом триггеры `AFTER UPDATE` и, наконец, `AFTER INSERT` (речь идёт о триггерах на уровне операторов).

Если оператор `UPDATE` в секционированной таблице должен переместить строку в другую секцию, это перемещение реализуется в результате выполнения `DELETE` в исходной секции и последующего `INSERT` в новой секции. При этом в исходной секции срабатывают все триггеры `BEFORE UPDATE` и `BEFORE DELETE` уровня строк. Затем в целевой секции срабатывают все триггеры `BEFORE INSERT` уровня строк. Следует иметь в виду, что в случаях, когда все эти триггеры модифицируют перемещаемую строку, полученный результат может быть неожиданным. Если рассматривать триггеры `AFTER ROW`, то применяться будут триггеры `AFTER DELETE` и `AFTER INSERT`, но не триггеры `AFTER UPDATE`, так как команда `UPDATE` заменяется на `DELETE` и `INSERT`. Если же рассматривать триггеры уровня операторов, ни триггеры `DELETE`, ни триггеры `INSERT` не будут срабатывать, даже если производится перемещение строк; сработают только триггеры `UPDATE`, установленные в целевой таблице оператора `UPDATE`.

Триггерные функции, вызываемые триггерами операторов, должны всегда возвращать `NULL`. Триггерные функции, вызываемые триггерами строк, могут вернуть строку таблицы (значение типа `HeapTuple`). У триггера уровня строки, срабатывающего до операции, есть следующий выбор:

- Можно вернуть `NULL`, чтобы пропустить операцию для текущей строки. Это указывает исполнителю запросов, что не нужно выполнять операцию со строкой вызвавшей триггер (вставку, изменение или удаление конкретной строки в таблице).
- Возвращаемая строка для триггеров `INSERT` или `UPDATE` будет именно той, которая будет вставлена или обновлена в таблице. Это позволяет триггерной функции изменять вставляемую или обновляемую строку.

Если в триггере `BEFORE` уровня строки не планируется использовать любой из этих вариантов, то нужно аккуратно вернуть в качестве результата ту же строку, которая была передана на вход (то есть строку `NEW` для триггеров `INSERT` и `UPDATE`, или строку `OLD` для триггеров `DELETE`).

`INSTEAD OF` триггер уровня строки должен вернуть либо `NULL`, чтобы указать, что он не модифицирует базовые таблицы представления, либо он должен вернуть строку представления, полученную на входе (строку `NEW` для операций `INSERT` и `UPDATE` или строку `OLD` для операций `DELETE`). Отличное от `NULL` возвращаемое значение сигнализирует, что триггер выполнил необходимые измене-

ния данных в представлении. Это приведёт к увеличению счётчика количества строк, затронутых командой. Для операций `INSERT` и `UPDATE` триггер может изменить строку `NEW` перед тем как её вернуть. Это изменит данные, возвращаемые `INSERT RETURNING` или `UPDATE RETURNING`, и полезно для того, чтобы не показывать уже не актуальные первоначальные данные.

Возвращаемое значение игнорируется для триггеров уровня строки, вызываемых после операции, поэтому они могут возвращать `NULL`.

Если есть несколько триггеров на одно и то же событие для одной и той же таблицы, то они будут вызываться в алфавитном порядке по имени триггера. Для триггеров `BEFORE` и `INSTEAD OF` потенциально изменённая строка, возвращаемая одним триггером, становится входящей строкой для следующего триггера. Если любой из триггеров `BEFORE` или `INSTEAD OF` возвращает `NULL`, операция для этой строки прекращается и последующие триггеры (для этой строки) не срабатывают.

В определении триггера можно указать логическое условие `WHEN`, которое будет проверяться, чтобы посмотреть, нужно ли запускать триггер. В триггерах уровня строки в условии `WHEN` можно проверять старые и/или новые значения столбцов строки. (В триггерах уровня оператора также можно использовать условие `WHEN`, хотя в этом случае это не так полезно.) В триггерах `BEFORE` условие `WHEN` вычисляется непосредственно перед тем, как триггерная функция будет выполнена, поэтому использование `WHEN` существенно не отличается от выполнения той же проверки в самом начале триггерной функции. Однако, в триггерах `AFTER` условие `WHEN` вычисляется сразу после обновления строки и от этого зависит, будет ли поставлено в очередь событие запуска триггера в конце оператора или нет. Поэтому, когда условие `WHEN` в триггере `AFTER` не возвращает истину, не требуется ни постановка события в очередь, ни повторная выборка этой строки в конце оператора. Это может существенно ускорить работу операторов, изменяющих большое количество строк, с триггером, который должен сработать только для нескольких. В триггерах `INSTEAD OF` не поддерживается использование условий `WHEN`.

Как правило, триггеры `BEFORE` уровня строки используются для проверки или модификации данных, которые будут вставлены или изменены. Например, триггер `BEFORE` можно использовать для вставки текущего времени в столбец `timestamp` или проверки, что два элемента строки согласованы между собой. Триггеры `AFTER` уровня строки наиболее разумно использовать для каскадного обновления данных в других таблицах или проверки согласованности сделанных изменений с данными в других таблицах. Причина для такого разделения работы в том, что триггер `AFTER` видит окончательное значение строки, в то время как для триггера `BEFORE` это не так, ведь могут быть другие триггеры `BEFORE`, которые сработают позже. Если нет особых причин для выбора между триггерами `BEFORE` или `AFTER`, то триггер `BEFORE` предпочтительнее, так как не требует сохранения информации об операции до конца работы оператора.

Если триггерная функция выполняет команды `SQL`, эти команды могут заново запускать триггеры. Это известно как каскадные триггеры. Прямых ограничений на количество каскадных уровней не существует. Вполне возможно, что каскадные вызовы приведут к рекурсивному срабатыванию одного и того же триггера. Например, в триггере `INSERT` может выполняться команда, которая добавляет строку в эту же таблицу, тем самым опять вызывая триггер на `INSERT`. Обязанность программиста не допускать бесконечную рекурсию в таких случаях.

При определении триггера можно указывать аргументы. Цель включения аргументов в определение триггера в том, чтобы позволить разным триггерам с аналогичными требованиями вызывать одну и ту же функцию. В качестве примера можно создать обобщенную триггерную функцию, которая принимает два аргумента с именами столбцов и записывает текущего пользователя в первый аргумент и текущий штамп времени во второй. При правильном написании такая триггерная функция будет независима от конкретной таблицы, для которой она будет запускаться. Таким образом, одна и та же функция может использоваться при выполнении `INSERT` в любую таблицу с соответствующими столбцами, чтобы, например, автоматически отслеживать создание записей в транзакционной таблице. Для триггеров `UPDATE` аргументы также могут использоваться для отслеживания последних сделанных изменений.

У каждого языка программирования, поддерживающего триггеры, есть свой собственный метод доступа из триггерной функции к входным данным триггера. Входные данные триггера включают

в себя тип события (например, `INSERT` или `UPDATE`), а также любые аргументы, перечисленные в `CREATE TRIGGER`. Для триггеров уровня строки входные данные также включают строку `NEW` для триггеров `INSERT` и `UPDATE` и/или строку `OLD` для триггеров `UPDATE` и `DELETE`.

Триггеры уровня оператора по умолчанию не имеют возможностей для проверки отдельных строк, модифицированных оператором. Но триггер `AFTER STATEMENT` может запросить создание для него *переходных таблиц*, чтобы ему были доступны наборы затрагиваемых операций строк. Тригграм `AFTER ROW` также могут предоставляться переходные таблицы, чтобы они могли видеть все изменения в таблице, а не только изменения в отдельных строках, для которых они срабатывают. Метод обращения к переходным таблицам определяется применяемым языком программирования, но обычно переходные таблицы представляются как временные таблицы только для чтения, к которым в триггерной функции можно обращаться, выполняя SQL-команды.

39.2. Видимость изменений в данных

Если в триггерной функции выполняются SQL-команды и эти команды обращаются к таблице, на которую создан триггер, то необходимо знать правила видимости данных, потому что они определяют, будут ли видеть эти SQL-команды изменения в данных, для которых сработал триггер. Кратко:

- Триггеры уровня оператора следуют простым правилам видимости: никакие из изменений, произведённых оператором, не видны в триггерах `BEFORE`, тогда как в триггерах `AFTER` видны все изменения.
- Изменение данных (вставка, обновление или удаление), заставляющее сработать триггер, *не видно* для команд SQL, выполняемых в триггере `BEFORE` уровня строки, потому что это изменение ещё не произошло.
- Тем не менее, команды SQL, выполняемые в триггере `BEFORE` уровня строки, *будут* видеть изменения данных в строках, которые уже были обработаны в этом операторе. Это требует осторожности, так как порядок обработки строк в целом непредсказуемый; команда SQL, обрабатывающая множество строк, может делать это в любом порядке.
- Аналогично, триггер `INSTEAD OF` уровня строки увидит изменения данных, внесённые при предыдущих вызовах триггера `INSTEAD OF` для этой же внешней команды.
- Когда срабатывает триггер `AFTER` уровня строки, все изменения сделанные оператором уже выполнены и видны в вызываемой триггерной функции.

Если триггерная функция написана на одном из стандартных процедурных языков, вышеприведённые утверждения применимы, только если функция объявлена как `VOLATILE`. Функции объявленные как `STABLE` или `IMMUTABLE` в любом случае не будут видеть изменений, сделанных вызывающим оператором.

Дополнительную информацию о правилах видимости данных можно найти в Разделе 47.5. Пример в Разделе 39.4 содержит демонстрацию этих правил.

39.3. Триггерные функции на языке C

Этот раздел описывает низкоуровневые детали интерфейса для триггерной функции. Эта информация необходима только при разработке триггерных функций на C. При использовании языка более высокого уровня эти детали обрабатываются автоматически. В большинстве случаев необходимо рассмотреть использование процедурного языка, прежде чем начать разрабатывать триггеры на C. В документации по каждому процедурному языку объясняется как создавать триггеры на этом языке.

Триггерные функции должны использовать интерфейс функций «версии 1».

Когда функция вызывается диспетчером триггеров, ей не передаются обычные аргументы, но передаётся указатель «context», ссылающийся на структуру `TriggerData`. Функции на C могут проверить, вызваны ли они диспетчером триггеров или нет, выполнив макрос:

`CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo)`

который разворачивается в:

```
((fcinfo)->context != NULL && IsA((fcinfo)->context, TriggerData))
```

Если возвращается истина, то `fcinfo->context` можно безопасно привести к типу `TriggerData` * и использовать указатель на структуру `TriggerData`. Функция *не* должна изменять структуру `TriggerData` или любые данные, которые на неё указывают.

структура `TriggerData` определяется в `commands/trigger.h`:

```
typedef struct TriggerData
{
    NodeTag            type;
    TriggerEvent       tg_event;
    Relation           tg_relation;
    HeapTuple          tg_trigtuple;
    HeapTuple          tg_newtuple;
    Trigger            *tg_trigger;
    Buffer              tg_trigtuplebuf;
    Buffer              tg_newtuplebuf;
    Tuplestorestate    *tg_oldtable;
    Tuplestorestate    *tg_newtable;
} TriggerData;
```

где элементы определяются следующим образом:

type

Всегда `T_TriggerData`.

tg_event

Описывает событие, для которого вызывается функция. Можно использовать следующие макросы для получения информации о `tg_event`:

`TRIGGER_FIRED_BEFORE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал до операции.

`TRIGGER_FIRED_AFTER(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал после операции.

`TRIGGER_FIRED_INSTEAD(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал вместо операции.

`TRIGGER_FIRED_FOR_ROW(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал на уровне строки.

`TRIGGER_FIRED_FOR_STATEMENT(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал на уровне оператора.

`TRIGGER_FIRED_BY_INSERT(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `INSERT`.

`TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `UPDATE`.

`TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(tg_event)`

Возвращает истину, если триггер сработал для операции `DELETE`.

TRIGGER_FIRED_BY_TRUNCATE (tg_event)

Возвращает истину, если триггер сработал для операции TRUNCATE.

tg_relation

Указатель на структуру, описывающую таблицу, для которой сработал триггер. Подробнее об этой структуре в `utils/rel.h`. Самое интересное здесь это `tg_relation->rd_att` (дескриптор записей таблицы) и `tg_relation->rd_rel->relname` (имя таблицы; имеет тип `NameData`, а не `char*`; используйте `SPI_getrelname(tg_relation)`, чтобы получить тип `char*` если потребуется копия имени).

tg_trigtuple

Указатель на строку, для которой сработал триггер. Это строка, которая вставляется, обновляется или удаляется. При срабатывании триггера для INSERT или DELETE это значение нужно вернуть из функции, только если не планируется изменять строку (в случае INSERT) или пропускать операцию для этой строки.

tg_newtuple

Для триггера на UPDATE это указатель на новую версию строки либо NULL, если триггер на INSERT или DELETE. Это значение нужно вернуть из функции в случае UPDATE, если не планируется изменять строку или пропускать операцию для этой строки.

tg_trigger

Указатель на структуру с типом `Trigger`, определённую в `utils/reltrigger.h`:

```
typedef struct Trigger
{
    Oid          tgoid;
    char        *tgname;
    Oid          tgfoid;
    int16        tgtype;
    char        tgenabled;
    bool         tgisinternal;
    Oid          tgconstrrelid;
    Oid          tgconstrindid;
    Oid          tgconstraint;
    bool         tgdeferrable;
    bool         tginitdeferred;
    int16        tgnargs;
    int16        tgnattr;
    int16        *tgattr;
    char        **tgargs;
    char        *tgqual;
    char        *tgoldtable;
    char        *tgnewtable;
} Trigger;
```

где `tgname` — имя триггера, `tgnargs` — количество аргументов в `tgargs`, и `tgargs` — массив указателей на аргументы, указанные в команде CREATE TRIGGER. Остальные члены структуры предназначены для внутреннего использования.

tg_trigtuplebuf

Буфер, содержащий `tg_trigtuple`, или содержащий `InvalidBuffer` — если нет такой строки или она не хранится в дисковом буфере.

tg_newtuplebuf

Буфер, содержащий `tg_newtuple`, или содержащий `InvalidBuffer` — если нет такой строки или она не хранится в дисковом буфере.

tg_oldtable

Указатель на структуру типа `Tuplestorestate`, содержащую ноль или несколько строк в формате, определяемом содержимым `tg_relation`, или указатель `NULL`, если переходное отношение `OLD TABLE` отсутствует.

tg_newtable

Указатель на структуру типа `Tuplestorestate`, содержащую ноль или несколько строк в формате, определяемом содержимым `tg_relation`, или указатель `NULL`, если переходное отношение `NEW TABLE` отсутствует.

Чтобы обращаться к переходным таблицам в запросах, выполняемых через SPI, используйте `SPI_register_trigger_data`.

Триггерная функция должна возвращать указатель `HeapTuple` или указатель `NULL` (но *не* SQL значение `null`, то есть не нужно устанавливать `isNull` в истину). Не забудьте, что если не планируете менять обрабатываемую триггером строку, то нужно вернуть либо `tg_trigtuple`, либо `tg_newtuple`.

39.4. Полный пример триггера

Вот очень простой пример триггерной функции, написанной на С. (Примеры триггеров для процедурных языков могут быть найдены в документации на процедурные языки.)

Функция `trigf` сообщает количество строк в таблице `ttest` и пропускает операцию для строки при попытке вставить пустое значение в столбец `x`. (Таким образом, триггер действует как ограничение `NOT NULL`, но не прерывает транзакцию.)

Вначале определение таблицы:

```
CREATE TABLE ttest (  
    x integer  
);
```

Теперь исходный код триггерной функции:

```
#include "postgres.h"  
#include "fmgr.h"  
#include "executor/spi.h"      /* this is what you need to work with SPI */  
#include "commands/trigger.h" /* ... triggers ... */  
#include "utils/rel.h"        /* ... and relations */  
  
PG_MODULE_MAGIC;  
  
PG_FUNCTION_INFO_V1(trigf);  
  
Datum  
trigf(PG_FUNCTION_ARGS)  
{  
    TriggerData *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;  
    TupleDesc   tupdesc;  
    HeapTuple   rettuple;  
    char        *when;  
    bool        checknull = false;  
    bool        isnull;  
    int         ret, i;  
  
    /* make sure it's called as a trigger at all */  
    if (!CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))  
        elog(ERROR, "trigf: not called by trigger manager");
```

```

/* tuple to return to executor */
if (TRIGGER_FIRED_BY_UPDATE(trigdata->tg_event))
    rettupple = trigdata->tg_newtuple;
else
    rettupple = trigdata->tg_trigtuple;

/* check for null values */
if (!TRIGGER_FIRED_BY_DELETE(trigdata->tg_event)
    && TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
    checknull = true;

if (TRIGGER_FIRED_BEFORE(trigdata->tg_event))
    when = "before";
else
    when = "after ";

tupdesc = trigdata->tg_relation->rd_att;

/* connect to SPI manager */
if ((ret = SPI_connect()) < 0)
    elog(ERROR, "trigf (fired %s): SPI_connect returned %d", when, ret);

/* get number of rows in table */
ret = SPI_exec("SELECT count(*) FROM ttest", 0);

if (ret < 0)
    elog(ERROR, "trigf (fired %s): SPI_exec returned %d", when, ret);

/* count(*) returns int8, so be careful to convert */
i = DatumGetInt64(SPI_getbinval(SPI_tuptable->vals[0],
                                SPI_tuptable->tupdesc,
                                1,
                                &isnull));

elog (INFO, "trigf (fired %s): there are %d rows in ttest", when, i);

SPI_finish();

if (checknull)
{
    SPI_getbinval(rettuple, tupdesc, 1, &isnull);
    if (isnull)
        rettupple = NULL;
}

return PointerGetDatum(rettuple);
}

```

После компиляции исходного кода (см. Подраздел 38.10.5) объявляем функцию и триггеры:

```

CREATE FUNCTION trigf() RETURNS trigger
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C;

CREATE TRIGGER tbefore BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigf();

CREATE TRIGGER tafter AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON ttest

```

```
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigf();
```

Теперь можно проверить работу триггера:

```
=> INSERT INTO ttest VALUES (NULL);
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 0 rows in ttest
INSERT 0 0
```

-- Вставка записи пропущена (значение NULL), поэтому триггер AFTER не сработал

```
=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
(0 rows)
```

```
=> INSERT INTO ttest VALUES (1);
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 0 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ) : there are 1 rows in ttest
```

^^^^^^

вспомните, что говорилось о видимости

```
INSERT 167793 1
```

```
vac=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
(1 row)
```

```
=> INSERT INTO ttest SELECT x * 2 FROM ttest;
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 1 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ) : there are 2 rows in ttest
```

^^^^^^

вспомните, что говорилось о видимости

```
INSERT 167794 1
```

```
=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
 2
(2 rows)
```

```
=> UPDATE ttest SET x = NULL WHERE x = 2;
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
UPDATE 0
```

```
=> UPDATE ttest SET x = 4 WHERE x = 2;
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ) : there are 2 rows in ttest
UPDATE 1
```

```
vac=> SELECT * FROM ttest;
 x
---
 1
 4
(2 rows)
```

```
=> DELETE FROM ttest;
```

```
INFO:  trigf (fired before): there are 2 rows in ttest
INFO:  trigf (fired before): there are 1 rows in ttest
INFO:  trigf (fired after ) : there are 0 rows in ttest
```

```
INFO:  trigf (fired after ): there are 0 rows in ttest
                                ^^^^^^^
```

вспомните, что говорилось о видимости

```
DELETE 2
```

```
=> SELECT * FROM ttest;
```

```
  x
```

```
---
```

```
(0 rows)
```

Более сложные примеры можно найти в `src/test/regress/regress.c` и в `spi`.

Глава 40. Триггеры событий

В дополнение к триггерам, рассмотренным в Главе 39, PostgreSQL также предоставляет триггеры событий. В отличие от обычных триггеров, которые подключаются к конкретной таблице и работают только с командами DML, триггеры событий определяются на уровне базы данных и работают с командами DDL.

Как и обычные триггеры, триггеры событий можно создавать на любом процедурном языке, поддерживающем триггеры событий, а также на C, но не на чистом SQL.

40.1. Обзор механизма работы триггеров событий

Триггер события срабатывает всякий раз, когда в базе данных, в которой он определён, происходит связанное с ним событие. В настоящий момент поддерживаются следующие события: `ddl_command_start`, `ddl_command_end`, `table_rewrite` и `sql_drop`. Поддержка дополнительных событий может быть добавлена в будущих выпусках.

Событие `ddl_command_start` происходит непосредственно перед выполнением команд `CREATE`, `ALTER`, `DROP`, `SECURITY LABEL`, `COMMENT`, `GRANT` и `REVOKE`. Проверка на существование объекта перед срабатыванием триггера не производится. В качестве исключения, однако, это событие не происходит для команд DDL, обращающихся к общим объектам кластера базы данных — базам данных, табличным пространствам, ролям, а также к самим триггерам событий. Событие `ddl_command_start` также происходит непосредственно перед выполнением команды `SELECT INTO`, так как она равнозначна команде `CREATE TABLE AS`.

Событие `ddl_command_end` происходит непосредственно после выполнения команд из того же набора. Чтобы получить дополнительную информацию об операциях DDL, повлёкших произошедшее событие, вызовите функцию `pg_event_trigger_ddl_commands()`, возвращающую множество, из кода обработчика события `ddl_command_end` (см. Раздел 9.28). Заметьте, что этот триггер срабатывает после того, как эти действия имели место (но до фиксации транзакции), так что в системных каталогах можно увидеть уже изменённое состояние.

Событие `sql_drop` происходит непосредственно перед событием `ddl_command_end` для команд, которые удаляют объекты базы данных. Для получения списка удалённых объектов используйте возвращающую набор строк функцию `pg_event_trigger_dropped_objects()` в триггере события `sql_drop` (см. Раздел 9.28). Обратите внимание, что триггер выполняется после удаления объектов из таблиц системного каталога, поэтому их невозможно больше увидеть.

Событие `table_rewrite` происходит только после того, как таблица будет перезаписана в результате определённых действий команд `ALTER TABLE` и `ALTER TYPE`. Хотя перезапись таблицы может быть вызвана и другими управляющими операторами, в частности `CLUSTER` и `VACUUM`, событие `table_rewrite` для них не вызывается.

Триггеры событий (как и прочие функции) не могут выполняться в прерванной транзакции. Поэтому, если команда DDL завершается ошибкой, соответствующие триггеры `ddl_command_end` не срабатывают. И наоборот, если триггер `ddl_command_end` завершился с ошибкой, последующие триггеры событий не сработают, также как и сама команда не будет выполняться. Похожим образом, если триггер `ddl_command_end` завершится ошибкой, действие команды DDL будет отменено, также как это происходит при возникновении ошибки внутри транзакции.

Полный список команд, которые поддерживаются триггерами событий, можно найти в Разделе 40.2.

Для создания триггера события используется команда `CREATE EVENT TRIGGER`. Предварительно нужно создать функцию, со специальным возвращаемым типом `event_trigger`. Данная функция не обязана возвращать значение (и может не возвращать). Возвращаемый тип служит лишь указанием на то, что функция будет вызываться из триггера события.

Если есть несколько триггеров на одно и то же событие, то они будут вызываться в алфавитном порядке по имени триггера.

В определении триггера можно использовать условие `WHEN`, чтобы, например, триггер `ddl_command_start` срабатывал только для отдельных команд, которые нужно перехватить. Триггеры событий часто используются для ограничения диапазона DDL-команд, доступных пользователям.

40.2. Матрица срабатывания триггеров событий

В Таблице 40.1 перечислены команды, для которых поддерживаются триггеры событий.

Таблица 40.1. Поддержка триггеров событий командами DDL

Тег команды	ddl_command_start	ddl_command_end	sql_drop	table_rewrite	Замечания
ALTER AGGREGATE	X	X	–	–	
ALTER COLLATION	X	X	–	–	
ALTER CONVERSION	X	X	–	–	
ALTER DOMAIN	X	X	–	–	
ALTER EXTENSION	X	X	–	–	
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	–	–	
ALTER FOREIGN TABLE	X	X	X	–	
ALTER FUNCTION	X	X	–	–	
ALTER LANGUAGE	X	X	–	–	
ALTER OPERATOR	X	X	–	–	
ALTER OPERATOR CLASS	X	X	–	–	
ALTER OPERATOR FAMILY	X	X	–	–	
ALTER POLICY	X	X	–	–	
ALTER SCHEMA	X	X	–	–	
ALTER SEQUENCE	X	X	–	–	
ALTER SERVER	X	X	–	–	
ALTER TABLE	X	X	X	X	
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	–	–	
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	–	–	

Триггеры событий

Тег команды	ddl_command_start	ddl_command_end	sql_drop	table_rewrite	Замечания
ALTER TEXT SEARCH PARSER	X	X	–	–	
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	–	–	
ALTER TRIGGER	X	X	–	–	
ALTER TYPE	X	X	–	X	
ALTER USER MAPPING	X	X	–	–	
ALTER VIEW	X	X	–	–	
CREATE AGGREGATE	X	X	–	–	
COMMENT	X	X	–	–	Только для локальных объектов
CREATE CAST	X	X	–	–	
CREATE COLLATION	X	X	–	–	
CREATE CONVERSION	X	X	–	–	
CREATE DOMAIN	X	X	–	–	
CREATE EXTENSION	X	X	–	–	
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	–	–	
CREATE FOREIGN TABLE	X	X	–	–	
CREATE FUNCTION	X	X	–	–	
CREATE INDEX	X	X	–	–	
CREATE LANGUAGE	X	X	–	–	
CREATE OPERATOR	X	X	–	–	
CREATE OPERATOR CLASS	X	X	–	–	
CREATE OPERATOR FAMILY	X	X	–	–	
CREATE POLICY	X	X	–	–	
CREATE RULE	X	X	–	–	
CREATE SCHEMA	X	X	–	–	

Триггеры событий

Тег команды	ddl_command_start	ddl_command_end	sql_drop	table_rewrite	Замечания
CREATE SEQUENCE	X	X	–	–	
CREATE SERVER	X	X	–	–	
CREATE STATISTICS	X	X	–	–	
CREATE TABLE	X	X	–	–	
CREATE TABLE AS	X	X	–	–	
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	–	–	
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	–	–	
CREATE TEXT SEARCH PARSER	X	X	–	–	
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	–	–	
CREATE TRIGGER	X	X	–	–	
CREATE TYPE	X	X	–	–	
CREATE USER MAPPING	X	X	–	–	
CREATE VIEW	X	X	–	–	
DROP AGGREGATE	X	X	X	–	
DROP CAST	X	X	X	–	
DROP COLLATION	X	X	X	–	
DROP CONVERSION	X	X	X	–	
DROP DOMAIN	X	X	X	–	
DROP EXTENSION	X	X	X	–	
DROP FOREIGN DATA WRAPPER	X	X	X	–	
DROP FOREIGN TABLE	X	X	X	–	
DROP FUNCTION	X	X	X	–	
DROP INDEX	X	X	X	–	
DROP LANGUAGE	X	X	X	–	
DROP OPERATOR	X	X	X	–	

Тег команды	ddl_command_start	ddl_command_end	sql_drop	table_rewrite	Замечания
DROP OPERATOR CLASS	X	X	X	–	
DROP OPERATOR FAMILY	X	X	X	–	
DROP OWNED	X	X	X	–	
DROP POLICY	X	X	X	–	
DROP RULE	X	X	X	–	
DROP SCHEMA	X	X	X	–	
DROP SEQUENCE	X	X	X	–	
DROP SERVER	X	X	X	–	
DROP STATISTICS	X	X	X	–	
DROP TABLE	X	X	X	–	
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION	X	X	X	–	
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY	X	X	X	–	
DROP TEXT SEARCH PARSER	X	X	X	–	
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE	X	X	X	–	
DROP TRIGGER	X	X	X	–	
DROP TYPE	X	X	X	–	
DROP USER MAPPING	X	X	X	–	
DROP VIEW	X	X	X	–	
GRANT	X	X	–	–	Только для локальных объектов
IMPORT FOREIGN SCHEMA	X	X	–	–	
REVOKE	X	X	–	–	Только для локальных объектов
SECURITY LABEL	X	X	–	–	Только для локальных объектов
SELECT INTO	X	X	–	–	

40.3. Триггерные функции событий на языке C

Этот раздел описывает низкоуровневые детали интерфейса для триггерной функции. Эта информация необходима только при разработке триггерных функций событий на языке C. При использовании языка более высокого уровня, эти детали обрабатываются автоматически. В большинстве случаев необходимо рассмотреть использование процедурного языка прежде чем начать разрабатывать триггеры событий на C. В документации по каждому процедурному языку объясняется как создавать триггеры событий на этом языке.

Триггерные функции событий должны использовать «version 1» интерфейса диспетчера функций.

Когда функция вызывается диспетчером триггеров событий, ей не передаются обычные аргументы, но передаётся указатель «context», ссылающийся на структуру `EventTriggerData`. Функции на C могут проверить вызваны ли они диспетчером триггеров событий или нет выполнив макрос:

```
CALLED_AS_EVENT_TRIGGER(fcinfo)
```

который разворачивается в:

```
EventTriggerData
```

Если возвращается истина, то `fcinfo->context` можно безопасно привести к типу `EventTriggerData *` и использовать указатель на структуру `EventTriggerData`. Функция не должна изменять структуру `EventTriggerData` или любые данные, которые на неё указывают.

структура `EventTriggerData` определена в `commands/event_trigger.h`:

```
typedef struct EventTriggerData
{
    NodeTag      type;
    const char *event;      /* имя события */
    Node         *parsetree; /* дерево разбора */
    const char *tag;        /* тег команды */
} EventTriggerData;
```

со следующими членами структуры:

`type`

Всегда `T_EventTriggerData`.

`event`

Описывает событие, для которого вызывается функция. Возможные значения: "ddl_command_start", "ddl_command_end", "sql_drop", "table_rewrite". Суть этих событий описывается в Разделе 40.1.

`parsetree`

Указатель на дерево разбора команды. Детали можно посмотреть в исходном коде PostgreSQL. Структура дерева разбора может быть изменена без предупреждений.

`tag`

Тег команды, для которой сработал триггер события. Например "CREATE FUNCTION".

Функция триггера события должна возвращать указатель NULL (но не SQL значение null, то есть не нужно устанавливать `isNull` в истину).

40.4. Полный пример триггера события

Вот очень простой пример функции для триггера события, написанной на C. (Примеры триггеров для процедурных языков могут быть найдены в документации на процедурные языки.)

Функция `nodd1` выдаёт ошибку при каждом вызове. Триггер с этой функцией определяется для события `ddl_command_start`. Это предотвращает работу любых DDL-команд (за исключением тех, о которых говорилось в Разделе 40.1).

Теперь исходный код триггерной функции:

```
#include "postgres.h"
#include "commands/event_trigger.h"

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(noddl);

Datum
noddl(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    EventTriggerData *trigdata;

    if (!CALLED_AS_EVENT_TRIGGER(fcinfo)) /* internal error */
        elog(ERROR, "not fired by event trigger manager");

    trigdata = (EventTriggerData *) fcinfo->context;

    ereport(ERROR,
            (errcode(ERRCODE_INSUFFICIENT_PRIVILEGE),
             errmsg("command \"%s\" denied", trigdata->tag)));

    PG_RETURN_NULL();
}
```

После компиляции исходного кода (см. Подраздел 38.10.5) объявляем функцию и триггеры:

```
CREATE FUNCTION noddl() RETURNS event_trigger
AS 'noddl' LANGUAGE C;

CREATE EVENT TRIGGER noddl ON ddl_command_start
EXECUTE FUNCTION noddl();
```

Теперь проверим работу триггера:

```
=# \dy
                                List of event triggers
 Name |          Event          | Owner | Enabled | Function | Tags
-----+-----+-----+-----+-----+-----
 noddl | ddl_command_start | dim   | enabled | noddl    |
(1 row)

=# CREATE TABLE foo(id serial);
ОШИБКА:  command "CREATE TABLE" denied
```

В этой ситуации, для запуска DDL-команд, нужно либо удалить триггер события, либо отключить его. Может быть удобным отключить триггер на время выполнения транзакции:

```
BEGIN;
ALTER EVENT TRIGGER noddl DISABLE;
CREATE TABLE foo (id serial);
ALTER EVENT TRIGGER noddl ENABLE;
COMMIT;
```

(Вспомним, что триггеры событий не обрабатывают DDL-команды для самих триггеров событий.)

40.5. Пример событийного триггера, обрабатывающего перезапись таблицы

Благодаря существованию события `table_rewrite`, можно реализовать политику перезаписи таблиц, допускающую перезапись только в определённое время обслуживания.

Следующий пример демонстрирует реализацию такой политики.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION no_rewrite()
  RETURNS event_trigger
  LANGUAGE plpgsql AS
$$
---
--- Реализация локальной политики перезаписи таблиц:
---   перезапись public.foo не допускается,
---   другие таблицы могут перезаписываться между 1 часом ночи и 6 часами утра,
---   если только их размер не превышает 100 блоков
---
DECLARE
  table_oid oid := pg_event_trigger_table_rewrite_oid();
  current_hour integer := extract('hour' from current_time);
  pages integer;
  max_pages integer := 100;
BEGIN
  IF pg_event_trigger_table_rewrite_oid() = 'public.foo'::regclass
  THEN
    RAISE EXCEPTION 'you're not allowed to rewrite the table %',
      table_oid::regclass;

  END IF;

  SELECT INTO pages relpages FROM pg_class WHERE oid = table_oid;
  IF pages > max_pages
  THEN
    RAISE EXCEPTION 'rewrites only allowed for table with less than % pages',
      max_pages;

  END IF;

  IF current_hour NOT BETWEEN 1 AND 6
  THEN
    RAISE EXCEPTION 'rewrites only allowed between 1am and 6am';
  END IF;
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER no_rewrite_allowed
  ON table_rewrite
  EXECUTE FUNCTION no_rewrite();
```

Глава 41. Система правил

В этой главе обсуждается система правил, реализованная в PostgreSQL. Промышленные системы правил по сути довольно простые, но при их использовании приходится сталкиваться с множеством неочевидных вещей.

В некоторых других базах данных определяются активные правила баз данных, которые обычно реализуются в виде процедур и триггеров. Так же их можно реализовать и в PostgreSQL.

Система правил (точнее говоря, система правил перезаписи запросов) полностью отличается от механизма хранимых процедур и триггеров. Она изменяет запросы по заданным правилам, а затем передаёт модифицированный запрос планировщику для планирования и выполнения. Это очень мощное средство, подходящее для решения множества задач, например, для определения представлений и процедур на языке запросов или реализации версионности. Теоретические основы и преимущества этой системы правил также описаны в `ston90b` и `ong90` (на английском языке).

41.1. Дерево запроса

Чтобы понять, как работает система правил, нужно знать, когда она вызывается, что принимает на вход и какой результат выдаёт.

Система правил внедрена между анализатором запросов и планировщиком. Она принимает разобранный запрос, одно дерево запроса, и определённые пользователем правила перезаписи, тоже представленные деревьями с некоторой дополнительной информацией, и создаёт некоторое количество деревьев запросов в результате. Таким образом, на входе и выходе этой системы оказывается то, что может сформировать анализатор запросов, и как следствие, всё, с чем работает эта система, представимо в виде операторов SQL.

Так что же такое дерево запроса? Это внутреннее представление оператора SQL, в котором все образующие его части хранятся отдельно. Эти деревья можно увидеть в журнале сервера, если установить параметры конфигурации `debug_print_parse`, `debug_print_rewritten` или `debug_print_plan`. Действия правил также хранятся в виде деревьев запросов, в системном каталоге `pg_rewrite`. Они не форматируются как при выводе в журнал, но содержат точно такую же информацию.

Для прочтения неформатированного дерева требуется некоторый навык. Но так как представления дерева запросов в виде SQL достаточно, чтобы понять систему правил, в этой главе не будет рассказываться, как их читать.

Читая SQL-представления деревьев запросов в этой главе, необходимо понимать, на какие части разбивается оператор, когда он преобразуется в структуру дерева запроса. Дерево запроса состоит из следующих частей:

тип команды

Это простое значение, говорящее, какая команда (`SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`) сгенерировала дерево запросов.

список отношений

Список отношений представляет собой массив отношений, используемых в запросе. В запросе `SELECT` он включает отношения, указанные после ключевого слова `FROM`.

Каждый элемент списка отношений представляет таблицу или представление и говорит, с каким именем они упоминаются в других частях запроса. В дереве запросов записываются номера элементов списка отношений, а не их имена, поэтому для него неактуальна проблема дублирования имён, как для оператора SQL. Такая проблема может возникнуть при объединении списков отношений, образованных разными правилами. В этой главе данная ситуация рассматриваться не будет.

результатирующее отношение

Индекс в списке отношений, указывающий на отношение, которое будет получать результаты запроса.

В запросах `SELECT` результирующее отношение отсутствует. (Особый случай `SELECT INTO` практически равнозначен `CREATE TABLE` с последующим `INSERT ... SELECT` и здесь отдельно не рассматривается.)

Для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` результирующим отношением будет таблица (или представление!), в которой будут происходить изменения.

выходной список

Выходной список — это список выражений, определяющих результат запроса. В случае `SELECT`, это выражения, которые образуют окончательный набор выходных данных. Они соответствуют выражениям, записанным между ключевыми словами `SELECT` и `FROM`. (Указание `*` — это просто краткое обозначение имён всех столбцов отношения. Анализатор разворачивает его в список отдельных столбцов, так что система правил никогда не видит его.)

Командам `DELETE` не нужен обычный выходной список, так как они не выдают никакие результаты. Вместо этого планировщик добавляет в пустой выходной список специальную запись `CTID`, чтобы исполнитель мог найти удаляемую строку. (`CTID` добавляется, когда результирующее отношение — обычная таблица. Если это представление, планировщиком добавляется переменная, содержащая всю строку, как рассказывается в Подразделе 41.2.4.)

Для команд `INSERT` выходной список описывает новые строки, которые должны попасть в результирующее отношение. Он включает выражения в предложении `VALUES` или предложении `SELECT` в `INSERT ... SELECT`. На первом этапе процесс перезаписи добавляет элементы выходного списка для столбцов, которым ничего не присвоила исходная команда, но имеющих значения по умолчанию. Все остальные столбцы (без заданного значения и значения по умолчанию) планировщик заполняет константой `NULL`.

Для команд `UPDATE` выходной список описывает новые строки, которые должны заменить старые. В системе правил он содержит только выражения из части `SET столбец = выражение`. Для пропущенных столбцов планировщик вставляет выражения, копирующие значения из старой строки в новую. Так же, как и с командой `DELETE`, при этом добавляется `CTID` или переменная со всей строкой, чтобы исполнитель мог найти изменяемую старую строку.

Каждая запись в выходном списке содержит выражение, которое может быть константой, переменной, указывающей на столбец отношения в таблице отношений, параметром или деревом выражений, образованным из констант, переменных, операторов, вызовов функций и т. д.

условие фильтра

Условие фильтра запроса — это выражение, во многом похожее на те, что содержатся в выходном списке. Результат этого выражения — логический, он говорит, должна ли выполняться операция (`INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT`) для данной строки в результате. Оно соответствует предложению `WHERE` SQL-оператора.

дерево соединения

Дерево соединения запроса показывает структуру предложения `FROM`. Для простых запросов вида `SELECT ... FROM a, b, c`, дерево соединения — это просто список элементов `FROM`, так как они могут соединяться в любом порядке. Но с выражениями `JOIN`, особенно с внешними соединениями, приходится соединять отношения именно в заданном порядке. В этом случае дерево соединения отражает структуру выражений `JOIN`. Ограничения, связанные с конкретными предложениями `JOIN` (из выражений `ON` или `USING`), тоже сохраняются в виде условных выражений, добавленных к соответствующим узлам дерева соединения. Как оказалось, выражение `WHERE` верхнего уровня тоже удобно хранить как условие, добавленное к элементу верх-

него уровня дерева соединения. Поэтому в дереве соединения на самом деле представляются оба предложения оператора `SELECT — FROM` и `WHERE`.

другие

Другие части дерева запроса, например, предложение `ORDER BY`, в данном контексте не представляют интереса. Система правил выполняет в них некоторые подстановки, применяя правила, но это не имеет непосредственного отношения к основам системы правил.

41.2. Система правил и представления

Представления в PostgreSQL реализованы на основе системы правил. Фактически по сути нет никакого отличия

```
CREATE VIEW myview AS SELECT * FROM mytab;
```

от следующих двух команд:

```
CREATE TABLE myview (same column list as mytab);
CREATE RULE "_RETURN" AS ON SELECT TO myview DO INSTEAD
    SELECT * FROM mytab;
```

так как именно эти действия `CREATE VIEW` выполняет внутри. Это имеет некоторые побочные эффекты. В частности, информация о представлениях в системных каталогах PostgreSQL ничем не отличается от информации о таблицах. Поэтому при анализе запроса нет абсолютно никакой разницы между таблицами и представлениями. Они представляют собой одно и то же — отношения.

41.2.1. Как работают правила `SELECT`

Правила `ON SELECT` применяются ко всем запросам на последнем этапе, даже если это команда `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. Эти правила отличаются от правил других видов тем, что они модифицируют непосредственно дерево запросов, а не создают новое. Поэтому мы начнём описание с правил `SELECT`.

В настоящее время возможно только одно действие в правиле `ON SELECT` и это должно быть безусловное действие `SELECT`, выполняемое в режиме `INSTEAD`. Это ограничение было введено, чтобы сделать правила достаточно безопасными для применения обычными пользователями, так что действие правил `ON SELECT` сводится к реализации представлений.

В примерах этой главы рассматриваются два представления с соединением, которые выполняют некоторые вычисления, и которые, в свою очередь, используются другими представлениями. Первое из этих двух представлений затем модифицируется, к нему добавляются правила для операций `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`, так что в итоге получается представление, которое работает как обычная таблица с некоторыми необычными функциями. Это не самый простой пример для начала, поэтому понять некоторые вещи будет сложнее. Но лучше иметь один пример, поэтапно охватывающий все обсуждаемые здесь темы, чем несколько различных, при восприятии которых в итоге может возникнуть путаница.

Например, нам нужна простейшая функция `min`, которая возвратит минимальное из двух целых чисел. Её можно создать так:

```
CREATE FUNCTION min(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    SELECT CASE WHEN $1 < $2 THEN $1 ELSE $2 END
$$ LANGUAGE SQL STRICT;
```

Таблицы, которые понадобятся нам для описания системы правил, выглядят так:

```
CREATE TABLE shoe_data (
    shoename    text,           -- первичный ключ
    sh_avail    integer,        -- число имеющихся пар
    slcolor     text,           -- предпочитаемый цвет шнурков
    slminlen    real,           -- минимальная длина шнурков
```

```

    slmaxlen    real,          -- максимальная длина шнурков
    slunit      text          -- единица длины
);

CREATE TABLE shoelace_data (
    sl_name      text,          -- первичный ключ
    sl_avail     integer,       -- число имеющихся пар
    sl_color     text,          -- цвет шнурков
    sl_len       real,          -- длина шнурков
    sl_unit      text          -- единица длины
);

CREATE TABLE unit (
    un_name      text,          -- первичный ключ
    un_fact      real          -- коэффициент для перевода в см
);

```

Как можно догадаться, в них хранятся данные обувной фабрики.

Представления создаются так:

```

CREATE VIEW shoe AS
    SELECT sh.shoename,
           sh.sh_avail,
           sh.slcolor,
           sh.slminlen,
           sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
           sh.slmaxlen,
           sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
           sh.slunit
    FROM shoe_data sh, unit un
    WHERE sh.slunit = un.un_name;

CREATE VIEW shoelace AS
    SELECT s.sl_name,
           s.sl_avail,
           s.sl_color,
           s.sl_len,
           s.sl_unit,
           s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
    FROM shoelace_data s, unit u
    WHERE s.sl_unit = u.un_name;

CREATE VIEW shoe_ready AS
    SELECT rsh.shoename,
           rsh.sh_avail,
           rsl.sl_name,
           rsl.sl_avail,
           min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
    FROM shoe rsh, shoelace rsl
    WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
           AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
           AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm;

```

Команда `CREATE VIEW` для представления `shoelace` (самого простого из имеющихся) создаёт отношение `shoelace` и запись в `pg_rewrite` о правиле перезаписи, которое должно применяться, когда в запросе на выборку задействуется отношение `shoelace`. Для этого правила не задаются условия применения (о них рассказывается ниже, в описании правил не для `SELECT`, так как правила `SELECT` в настоящее время бывают только безусловными) и оно действует в режиме `INSTEAD`. Заметьте, что условия применения отличаются от условий фильтра запроса, например, действие для нашего правила

содержит условие фильтра. Действие правила выражается одним деревом запроса, которое является копией оператора `SELECT` в команде, создающей представление.

Примечание

Два дополнительных элемента списка отношений `NEW` и `OLD`, которые можно увидеть в соответствующей строке `pg_rewrite`, не представляют интереса для правил `SELECT`.

Сейчас мы наполним таблицы `unit` (единицы измерения), `shoe_data` (данные о туфлях) и `shoelace_data` (данные о шнурках) и выполним простой запрос к представлению:

```
INSERT INTO unit VALUES ('cm', 1.0);
INSERT INTO unit VALUES ('m', 100.0);
INSERT INTO unit VALUES ('inch', 2.54);

INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh1', 2, 'black', 70.0, 90.0, 'cm');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh2', 0, 'black', 30.0, 40.0, 'inch');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh3', 4, 'brown', 50.0, 65.0, 'cm');
INSERT INTO shoe_data VALUES ('sh4', 3, 'brown', 40.0, 50.0, 'inch');

INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl1', 5, 'black', 80.0, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl2', 6, 'black', 100.0, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl3', 0, 'black', 35.0, 'inch');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl4', 8, 'black', 40.0, 'inch');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl5', 4, 'brown', 1.0, 'm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl6', 0, 'brown', 0.9, 'm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl7', 7, 'brown', 60, 'cm');
INSERT INTO shoelace_data VALUES ('sl8', 1, 'brown', 40, 'inch');
```

```
SELECT * FROM shoelace;
```

sl_name	sl_avail	sl_color	sl_len	sl_unit	sl_len_cm
sl1	5	black	80	cm	80
sl2	6	black	100	cm	100
sl7	7	brown	60	cm	60
sl3	0	black	35	inch	88.9
sl4	8	black	40	inch	101.6
sl8	1	brown	40	inch	101.6
sl5	4	brown	1	m	100
sl6	0	brown	0.9	m	90

(8 rows)

Это самый простой запрос `SELECT`, который можно выполнить с нашими представлениями, и мы воспользуемся этим, чтобы объяснить азы правил представлений. Запрос `SELECT * FROM shoelace` интерпретируется анализатором запросов и преобразуется в дерево запроса:

```
SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
       shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
       shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
FROM shoelace shoelace;
```

Это дерево передаётся в систему правил, которая проходит по списку отношений и проверяет, есть ли какие-либо правила для этих отношений. Обработывая элемент отношения `shoelace` (сейчас он единственный), система правил находит правило `_RETURN` с деревом запроса:

```
SELECT s.sl_name, s.sl_avail,
       s.sl_color, s.sl_len, s.sl_unit,
       s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
```

```
FROM shoelace old, shoelace new,
     shoelace_data s, unit u
WHERE s.sl_unit = u.un_name;
```

Чтобы развернуть представление, механизм перезаписи просто формирует новый элемент для списка отношений — подзапрос, содержащий дерево действия правила, и подставляет этот элемент вместо исходного, на который ссылалось представление. Получившееся перезаписанное дерево запроса будет почти таким как дерево запроса:

```
SELECT shoelace.sl_name, shoelace.sl_avail,
       shoelace.sl_color, shoelace.sl_len,
       shoelace.sl_unit, shoelace.sl_len_cm
FROM (SELECT s.sl_name,
            s.sl_avail,
            s.sl_color,
            s.sl_len,
            s.sl_unit,
            s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
      FROM shoelace_data s, unit u
     WHERE s.sl_unit = u.un_name) shoelace;
```

Однако есть одно различие: в списке отношений подзапроса будут содержаться два дополнительных элемента: shoelace old и shoelace new. Эти элементы не принимают непосредственного участия в запросе, так как они не задействованы в дереве соединения подзапроса и в целевом списке. Механизм перезаписи использует их для хранения информации о проверке прав доступа, которая изначально хранилась в элементе, указывающем на представление. Таким образом, исполнитель будет по-прежнему проверять, имеет ли пользователь необходимые права для доступа к представлению, хотя в перезаписанном запросе это представление не фигурирует непосредственно.

Так было применено первое правило. Система правил продолжит проверку оставшихся элементов списка отношений на верхнем уровне запроса (в данном случае таких элементов нет) и рекурсивно проверит элементы списка отношений в добавленном подзапросе, не ссылаются ли они на представления. (Но old и new разворачиваться не будут — иначе мы получили бы бесконечную рекурсию!) В этом примере для shoelace_data и unit нет правил перезаписи, так что перезапись завершается и результат, полученный выше, передаётся планировщику.

Сейчас мы хотим написать запрос, который выбирает туфли из имеющихся в данный момент, для которых есть подходящие шнурки (по цвету и длине) и число готовых пар больше или равно двум.

```
SELECT * FROM shoe_ready WHERE total_avail >= 2;
```

shoename	sh_avail	sl_name	sl_avail	total_avail
sh1	2	sl1	5	2
sh3	4	sl7	7	4

(2 rows)

На этот раз анализатор запроса выводит такое дерево:

```
SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
FROM shoe_ready shoe_ready
WHERE shoe_ready.total_avail >= 2;
```

Первое правило применяется к представлению shoe_ready и в результате получается дерево запроса:

```
SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
FROM (SELECT rsh.shoename,
```

```

        rsh.sh_avail,
        rsl.sl_name,
        rsl.sl_avail,
        min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
    FROM shoe rsh, shoelace rsl
    WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
        AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
        AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
    WHERE shoe_ready.total_avail >= 2;

```

Подобным образом, правила для shoe и shoelace подставляются в список отношений, что даёт окончательное дерево запроса:

```

SELECT shoe_ready.shoename, shoe_ready.sh_avail,
       shoe_ready.sl_name, shoe_ready.sl_avail,
       shoe_ready.total_avail
FROM (SELECT rsh.shoename,
            rsh.sh_avail,
            rsl.sl_name,
            rsl.sl_avail,
            min(rsh.sh_avail, rsl.sl_avail) AS total_avail
    FROM (SELECT sh.shoename,
                sh.sh_avail,
                sh.slcolor,
                sh.slminlen,
                sh.slminlen * un.un_fact AS slminlen_cm,
                sh.slmaxlen,
                sh.slmaxlen * un.un_fact AS slmaxlen_cm,
                sh.slunit
        FROM shoe_data sh, unit un
        WHERE sh.slunit = un.un_name) rsh,
        (SELECT s.sl_name,
                s.sl_avail,
                s.sl_color,
                s.sl_len,
                s.sl_unit,
                s.sl_len * u.un_fact AS sl_len_cm
        FROM shoelace_data s, unit u
        WHERE s.sl_unit = u.un_name) rsl
    WHERE rsl.sl_color = rsh.slcolor
        AND rsl.sl_len_cm >= rsh.slminlen_cm
        AND rsl.sl_len_cm <= rsh.slmaxlen_cm) shoe_ready
    WHERE shoe_ready.total_avail > 2;

```

На практике планировщик будет сворачивать это дерево до двух уровней: команды нижнего уровня SELECT будут «подняты» к среднему SELECT, так как обрабатывать их отдельно нет необходимости. Но средний оператор SELECT не будет совмещён с верхним, так как он содержит агрегатные функции. Если поднять его выше, поведение самого верхнего SELECT изменится нежелательным образом. В целом же, сворачивание дерева запросов — это оптимизация, которая не должна затрагивать работу механизма перезаписи.

41.2.2. Правила представлений не для SELECT

До этого в описании правил представлений не затрагивались два компонента дерева запросов — тип команды и результирующее отношение. На самом деле, тип команды не важен для правил представления, но результирующее отношение может повлиять на работу механизма перезаписи, потому что если это представление, требуются дополнительные операции.

Есть только несколько отличий между деревом запроса для SELECT и деревом для другой команды. Очевидно, у них различные типы команд, и для команды, отличной от SELECT, результирующее от-

ношение указывает на элемент в списке отношений, куда должен попасть результат. Все остальные компоненты в точности те же. Поэтому, например, если взять таблицы `t1` и `t2` со столбцами `a` и `b`, деревья запросов для этих операторов:

```
SELECT t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

```
UPDATE t1 SET b = t2.b FROM t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

будут практически одинаковыми. В частности:

- Списки отношений содержат элементы для таблиц `t1` и `t2`.
- Выходные списки содержат одну переменную, указывающую на столбец `b` элемента-отношения для таблицы `t2`.
- Выражения условий сравнивают столбцы `a` обоих элементов-отношений на равенство.
- Деревья соединений показывают простое соединение между `t1` и `t2`.

Как следствие, для обоих деревьев строятся похожие планы выполнения, с соединением двух таблиц. Для `UPDATE` планировщик добавляет в выходной список недостающие столбцы из `t1` и окончательное дерево становится таким:

```
UPDATE t1 SET a = t1.a, b = t2.b FROM t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

В результате исполнитель, обрабатывающий соединение, выдаёт тот же результат, что и запрос:

```
SELECT t1.a, t2.b FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

Но с `UPDATE` есть маленькая проблема: часть плана исполнителя, в которой выполняется соединение, не представляет, для чего предназначены результаты соединения. Она просто выдаёт результирующий набор строк. Фактически есть одна команда `SELECT`, а другая, `UPDATE`, обрабатывается исполнителем выше, где он уже знает, что это команда `UPDATE` и что результат должен попасть в таблицу `t1`. Но какие из строк таблицы должны заменяться новыми?

Для решения этой проблемы в выходной список операторов `UPDATE` (и `DELETE`) добавляется ещё один элемент: идентификатор текущего кортежа (Current Tuple ID, CTID). Это системный столбец, содержащий номер блока в файле и позицию строки в блоке. Зная таблицу, по CTID можно получить исходную строку в `t1`, подлежащую изменению. С добавленным в выходной список CTID запрос фактически выглядит так:

```
SELECT t1.a, t2.b, t1.ctid FROM t1, t2 WHERE t1.a = t2.a;
```

Теперь мы перейдём ещё к одной особенности PostgreSQL. Старые строки таблицы не переписываются, поэтому `ROLLBACK` выполняется быстро. С командой `UPDATE` в таблицу вставляется новая строка результата (без CTID) и в заголовке старой строки, на которую указывает CTID, в поля `ctid` и `xmax` записываются текущий счётчик команд и идентификатор текущей транзакции. Таким образом, старая строка оказывается скрытой и после фиксирования транзакции процесс очистки может окончательно удалить неактуальную версию строки.

Зная всё это, мы можем применять правила представлений абсолютно таким же образом к любой команде — никаких различий нет.

41.2.3. Преимущества представлений в PostgreSQL

Выше было показано, как система правил внедряет определения представлений в исходное дерево запроса. Во втором примере простой запрос `SELECT` к одному представлению создал окончательное дерево запроса, соединяющее 4 таблицы (таблица `unit` использовалась дважды с разными именами).

Преимущество реализации представлений через систему правил заключается в том, что планировщик получает в одном дереве запроса всю информацию о таблицах, которые нужно прочесть, о том, как связаны эти таблицы, об условиях в представлениях, а также об условиях, заданных в

исходном запросе. И всё это имеет место, когда сам исходный запрос представляет собой соединение представлений. Планировщик должен выбрать лучший способ выполнения запроса, и чем больше информации он получит, тем лучше может быть его выбор. И то, как в PostgreSQL реализована система правил, гарантирует, что ему поступает вся информация, собранная о запросе на данный момент.

41.2.4. Изменение представления

Но что произойдёт, если записать имя представления в качестве целевого отношения команды `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`? Если проделать подстановки, описанные выше, будет получено дерево запроса, в котором результирующее отношение указывает на элемент-подзапрос, что не будет работать. Однако PostgreSQL даёт ряд возможностей, чтобы сделать представления изменяемыми.

Если подзапрос выбирает данные из одного базового отношения и он достаточно прост, механизм перезаписи может автоматически заменить его нижележащим базовым отношением, чтобы команды `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` обращались к базовому отношению. Представления, «достаточно простые» для этого, называются *автоматически изменяемыми*. Подробнее виды представлений, которые могут изменяться автоматически, описаны в `CREATE VIEW`.

Эту задачу также можно решить, создав триггер `INSTEAD OF` для представления. В этом случае перезапись будет работать немного по-другому. Для `INSERT` механизм перезаписи не делает с представлением ничего, оставляя его результирующим отношением запроса. Для `UPDATE` и `DELETE` ему по-прежнему придётся разворачивать запрос представления, чтобы получить «старые» строки, которые эта команда попытается изменить или удалить. Поэтому представление разворачивается как обычно, но в запрос добавляется ещё один элемент списка отношений, указывающий на представление в роли результирующего отношения.

При этом возникает проблема идентификации строк в представлении, подлежащих изменению. Вспомните, что когда результирующее отношение является таблицей, в выходной список добавляется специальное поле `CTID`, указывающее на физическое расположение изменяемых строк. Но это не будет работать, когда результирующее отношение — представление, так как в представлениях нет `CTID`, потому что их строки физически нигде не находятся. Вместо этого, для операций `UPDATE` или `DELETE` в выходной список добавляется специальный элемент `wholerow` (вся строка), который разворачивается в содержимое всех столбцов представления. Используя этот элемент, исполнитель передаёт строку «old» в триггер `INSTEAD OF`. Какие именно строки должны изменяться фактически, будет решать сам триггер, исходя из полученных значений старых и новых строк.

Кроме того, пользователь может определить правила `INSTEAD`, в которых задать действия замены для команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` с представлением. Эти правила обычно преобразуют команду в другую команду, изменяющую одну или несколько таблиц, а не представление. Эта тема освещается в Разделе 41.4.

Заметьте, что такие правила вычисляются сначала, перезаписывая исходный запрос до того, как он будет планироваться и выполняться. Поэтому, если для представления определены и триггеры `INSTEAD OF`, и правила для `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`, сначала вычисляются правила, а в зависимости от их действия, триггеры могут не вызываться вовсе.

Автоматическая перезапись запросов `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` с простыми представлениями всегда производится в последнюю очередь. Таким образом, если у представления есть правила или триггеры, они переопределяют поведение автоматически изменяемых представлений.

Если для представления не определены правила `INSTEAD` или триггеры `INSTEAD OF`, и запрос не удаётся автоматически переписать в виде обращения к нижележащему базовому отношению, возникает ошибка, потому что исполнитель не сможет изменить такое представление.

41.3. Материализованные представления

Материализованные представления в PostgreSQL основаны на системе правил, как и представления, но их содержимое сохраняется как таблица. Основное отличие между:

```
CREATE MATERIALIZED VIEW mymatview AS SELECT * FROM mytab;
```

и этой командой:

```
CREATE TABLE mymatview AS SELECT * FROM mytab;
```

состоит в том, что материализованное представление впоследствии нельзя будет изменить непосредственно, а запрос, создающий материализованное представление, сохраняется точно так же, как запрос представления, и получить актуальные данные в материализованном представлении можно так:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW mymatview;
```

Информация о материализованном представлении в системных каталогах PostgreSQL ничем не отличается от информации о таблице или представлении. Поэтому для анализатора запроса материализованное представление является просто отношением, как таблица или представление. Когда запрос обращается к материализованному представлению, данные возвращаются непосредственно из него, как из таблицы; правило применяется, только чтобы его наполнить.

Хотя обращение к данным в материализованном представлении часто выполняется гораздо быстрее, чем обращение к нижележащим таблицам напрямую или через представление, данные в нём не всегда актуальные (но иногда это вполне приемлемо). Рассмотрим таблицу с данными продаж:

```
CREATE TABLE invoice (  
    invoice_no    integer          PRIMARY KEY,  
    seller_no     integer,         -- идентификатор продавца  
    invoice_date  date,            -- дата продажи  
    invoice_amt   numeric(13,2)    -- сумма продажи  
);
```

Если пользователям нужно быстро обработать исторические данные, возможно их интересуют только общие показатели, а полнота данных на текущий момент не важна:

```
CREATE MATERIALIZED VIEW sales_summary AS  
SELECT  
    seller_no,  
    invoice_date,  
    sum(invoice_amt)::numeric(13,2) as sales_amt  
FROM invoice  
WHERE invoice_date < CURRENT_DATE  
GROUP BY  
    seller_no,  
    invoice_date  
ORDER BY  
    seller_no,  
    invoice_date;
```

```
CREATE UNIQUE INDEX sales_summary_seller  
ON sales_summary (seller_no, invoice_date);
```

Это материализованное представление может быть полезно для построения графика в информационной панели менеджеров по продажам. Для ежесуточного обновления статистики можно запланировать задание по расписанию, которое будет выполнять этот оператор:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW sales_summary;
```

Ещё одно применение материализованного представления — предоставить быстрый доступ к данным, получаемым с удалённой системы через обёртку сторонних данных. Ниже приведён простой пример с обёрткой `file_fdw`, с замерами времени, но так как при этом использовался кеш локальной системы, выигрыш в производительности при обращении к удалённой системе обычно будет гораздо больше, чем показано здесь. Заметьте, что мы также использовали возможность добавить индекс в материализованное представление, тогда как `file_fdw` индексы не поддерживает; при других видах доступа к сторонним данным такого преимущества может не быть.

Подготовка:

```
CREATE EXTENSION file_fdw;
CREATE SERVER local_file FOREIGN DATA WRAPPER file_fdw;
CREATE FOREIGN TABLE words (word text NOT NULL)
    SERVER local_file
    OPTIONS (filename '/usr/share/dict/words');
CREATE MATERIALIZED VIEW wrd AS SELECT * FROM words;
CREATE UNIQUE INDEX wrd_word ON wrd (word);
CREATE EXTENSION pg_trgm;
CREATE INDEX wrd_trgm ON wrd USING gist (word gist_trgm_ops);
VACUUM ANALYZE wrd;
```

Теперь давайте проверим написание слова. Сначала непосредственно через обёртку file_fdw:

```
SELECT count(*) FROM words WHERE word = 'caterpiler';
```

```
count
-----
      0
(1 row)
```

Выполнив EXPLAIN ANALYZE, мы получаем:

```
Aggregate  (cost=21763.99..21764.00 rows=1 width=0) (actual time=188.180..188.181
rows=1 loops=1)
  -> Foreign Scan on words  (cost=0.00..21761.41 rows=1032 width=0) (actual
time=188.177..188.177 rows=0 loops=1)
    Filter: (word = 'caterpiler'::text)
    Rows Removed by Filter: 479829
    Foreign File: /usr/share/dict/words
    Foreign File Size: 4953699
Planning time: 0.118 ms
Execution time: 188.273 ms
```

Если же теперь обратиться к материализованному представлению, запрос выполнится гораздо быстрее:

```
Aggregate  (cost=4.44..4.45 rows=1 width=0) (actual time=0.042..0.042 rows=1 loops=1)
  -> Index Only Scan using wrd_word on wrd  (cost=0.42..4.44 rows=1 width=0) (actual
time=0.039..0.039 rows=0 loops=1)
    Index Cond: (word = 'caterpiler'::text)
    Heap Fetches: 0
Planning time: 0.164 ms
Execution time: 0.117 ms
```

В любом случае слово записано неправильно, поэтому давайте попробуем найти то, что имелось в виду. Сначала опять через file_fdw:

```
SELECT word FROM words ORDER BY word <-> 'caterpiler' LIMIT 10;
```

```
word
-----
cater
caterpillar
Caterpillar
caterpillars
caterpillar's
Caterpillar's
caterer
caterer's
caters
catered
```

```
(10 rows)
Limit (cost=11583.61..11583.64 rows=10 width=32) (actual time=1431.591..1431.594
rows=10 loops=1)
  -> Sort (cost=11583.61..11804.76 rows=88459 width=32) (actual
time=1431.589..1431.591 rows=10 loops=1)
    Sort Key: ((word <-> 'caterpiler'::text))
    Sort Method: top-N heapsort  Memory: 25kB
  -> Foreign Scan on words (cost=0.00..9672.05 rows=88459 width=32) (actual
time=0.057..1286.455 rows=479829 loops=1)
    Foreign File: /usr/share/dict/words
    Foreign File Size: 4953699
Planning time: 0.128 ms
Execution time: 1431.679 ms
```

Затем через материализованное представление:

```
Limit (cost=0.29..1.06 rows=10 width=10) (actual time=187.222..188.257 rows=10
loops=1)
  -> Index Scan using wrd_trgm on wrd (cost=0.29..37020.87 rows=479829 width=10)
(actual time=187.219..188.252 rows=10 loops=1)
    Order By: (word <-> 'caterpiler'::text)
Planning time: 0.196 ms
Execution time: 198.640 ms
```

Если периодическое обновление данных из другого источника в локальной базе данных вас устраивает, этот подход может дать значительный выигрыш в скорости.

41.4. Правила для INSERT, UPDATE и DELETE

Правила, определяемые для команд INSERT, UPDATE и DELETE, значительно отличаются от правил представлений, описанных в предыдущем разделе. Во-первых, команда CREATE RULE позволяет создавать правила со следующими особенностями:

- Они могут не определять действия.
- Они могут определять несколько действий.
- Они могут действовать в режиме INSTEAD или ALSO (по умолчанию).
- Становятся полезными псевдоотношения NEW и OLD.
- Они могут иметь условия применения.

Во-вторых, они не модифицируют само исходное дерево запроса. Вместо этого они создают несколько новых деревьев запросов и могут заменить исходное.

Внимание

Во многих случаях для задач, выполнимых с использованием правил для INSERT/UPDATE/DELETE, лучше применять триггеры. Оформляются триггеры чуть сложнее, но понять их смысл гораздо проще. К тому же с правилами могут быть получены неожиданные результаты, когда исходный запрос содержит изменчивые функции: в процессе исполнения правил эти функции могут вызываться большее число раз, чем ожидается.

Кроме того, в некоторых случаях эти типы правил вообще нельзя применять; а именно, с предложениями WITH в исходном запросе и с вложенными подзапросами SELECT с множественным присваиванием в списке SET запросов UPDATE. Это объясняется тем, что копирование этих конструкций в запрос правила привело бы к многократному вычислению вложенного запроса, что пошло бы в разрез с выраженными намерениями автора запроса.

41.4.1. Как работают правила для изменения

Запомните синтаксис:

```
CREATE [ OR REPLACE ] RULE имя AS ON событие
    TO таблица [ WHERE условие ]
    DO [ ALSO | INSTEAD ] { NOTHING | команда | ( команда ; команда ... ) }
```

В дальнейшем, под *правилами для изменения* подразумеваются правила, определяемые для команд INSERT, UPDATE или DELETE.

Правила для изменения применяются системой правил, когда результирующее отношение и тип команды в дереве запроса совпадает с объектом и событием, заданным в команде CREATE RULE. Для такого правила система правил создаёт список деревьев запросов. Изначально этот список пуст. С правилом может быть связано ноль (ключевое слово NOTHING), одно или несколько действий. Простоты ради мы рассмотрим правило с одним действием. Правило может иметь, а может не иметь условия применения, и действует в режиме INSTEAD или ALSO (по умолчанию).

Что такое условие применения правила? Это условие, которое говорит, когда нужно, а когда не нужно применять действия правила. В этом условии можно обращаться к псевдоотношениям NEW и/или OLD, которые представляют целевое отношение (но с особым значением).

Всего есть три варианта формирования деревьев запросов для правила с одним действием.

Без условия применения в режиме ALSO или INSTEAD

дерево запроса из действия правила с добавленным условием исходного дерева

С условием применения в режиме ALSO

дерево запроса из действия правила с условием применения правила и условием, добавленным из исходного дерева

С условием применения в режиме INSTEAD

дерево запроса из действия правила с условием применения правила и условием из исходного дерева; также добавляется исходное дерево запроса с условием, обратным условию применения правила

Наконец, для правил ALSO в список добавляется исходное дерево запроса без изменений. Так как исходное дерево запроса также добавляют только правила INSTEAD с условиями применения, в итоге для правила с одним действием мы можем получить только одно или два дерева запросов.

Для правил ON INSERT исходный запрос (если он не перекрывается режимом INSTEAD) выполняется перед действиями, добавленными правилами. Поэтому эти действия могут видеть вставленные строки. Но для правил ON UPDATE и ON DELETE исходный запрос выполняется после действий, добавленных правилами. При таком порядке эти действия будут видеть строки, подлежащие изменению или удалению; иначе бы действия не работали, не найдя строк, соответствующих их условиям применения (эти строки уже будут изменены или удалены).

Деревья запросов, полученные из действий правил, снова попадают в систему перезаписи, где могут применяться дополнительные правила, добавляющие или убирающие деревья запроса. Поэтому действия правила должны выполнять команды другого типа или работать с другим результирующим отношением, иначе возникнет бесконечная рекурсия. (Система выявляет подобное рекурсивное разворачивание правил и выдаёт ошибку.)

Деревья запросов, заданные для действий в системном каталоге pg_rewrite, представляют собой только шаблоны. Так как они могут обращаться к элементам NEW и OLD в списке отношений, их можно будет использовать только после некоторых подстановок. В случае ссылки на NEW соответствующий элемент ищется в целевом списке исходного запроса. Если он найден, ссылка заменяется выражением этого элемента. В противном случае NEW означает то же самое, что и OLD (для

команды UPDATE) или заменяется значением NULL (для команды INSERT). Любые ссылки на OLD заменяются ссылкой на элемент результирующего отношения в списке отношений.

После того как система применит все правила для изменения, она применяет правила представления к полученному дереву (или деревьям) запроса. Представления не могут добавлять новые действия для изменения, поэтому нет необходимости применять такие правила к результату перезаписи представления.

41.4.1.1. Пошаговый разбор первого правила

Предположим, что нам нужно отслеживать изменения в столбце sl_avail таблицы shoelace_data. Мы можем создать таблицу для ведения журнала и правило, которое будет добавлять в неё записи по условию, когда для shoelace_data выполняется UPDATE.

```
CREATE TABLE shoelace_log (
    sl_name      text,          -- шнурки, количество которых изменилось
    sl_avail     integer,       -- новое количество
    log_who      text,          -- кто изменил
    log_when     timestamp      -- когда
);

CREATE RULE log_shoelace AS ON UPDATE TO shoelace_data
    WHERE NEW.sl_avail <> OLD.sl_avail
    DO INSERT INTO shoelace_log VALUES (
        NEW.sl_name,
        NEW.sl_avail,
        current_user,
        current_timestamp
    );
```

Теперь, если кто-то выполнит:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6 WHERE sl_name = 'sl7';
```

мы увидим в таблице журнала:

```
SELECT * FROM shoelace_log;
```

sl_name	sl_avail	log_who	log_when
sl7	6	Al	Tue Oct 20 16:14:45 1998 MET DST

(1 row)

Именно это нам и нужно. При этом внутри происходит следующее. Анализатор запроса создаёт дерево:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6
    FROM shoelace_data shoelace_data
    WHERE shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

В системном каталоге находится правило log_shoelace, настроенное на изменение (ON UPDATE) с условием применения:

```
NEW.sl_avail <> OLD.sl_avail
```

и действием:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    new.sl_name, new.sl_avail,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old;
```

(Это выглядит несколько странно, так как обычно нельзя написать INSERT ... VALUES ... FROM. Предложение FROM здесь добавлено, просто чтобы показать, что в дереве запроса для ссылок new и

old есть элементы в списке отношений. Они необходимы для того, чтобы к ним могли обращаться переменные в дереве запроса команды INSERT.)

Так как это правило ALSO с условием применения, система правил должна выдать два дерева запросов: изменённое действие правила и исходное дерево запроса. На первом шаге список отношений исходного запроса вставляется в дерево действия правила и получается:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    new.sl_name, new.sl_avail,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
    shoelace_data shoelace_data;
```

На втором шаге в это дерево добавляется условие применения правила, так что результирующий набор ограничивается строками, в которых меняется sl_avail:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    new.sl_name, new.sl_avail,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
    shoelace_data shoelace_data
WHERE new.sl_avail <> old.sl_avail;
```

(Это выглядит ещё более странно, ведь в INSERT ... VALUES не записывается и предложение WHERE, но планировщик и исполнитель не испытывают затруднений с этим. Они всё равно должны поддерживать эту функциональность для INSERT ... SELECT.)

На третьем шаге добавляется условие исходного дерева, что ещё больше ограничивает результирующий набор, оставляя в нём только строки, которые затронул бы исходный запрос:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    new.sl_name, new.sl_avail,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
    shoelace_data shoelace_data
WHERE new.sl_avail <> old.sl_avail
    AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

На четвёртом шаге ссылки на NEW заменяются элементами выходного списка из исходного дерева запроса или переменными из результирующего отношения:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    shoelace_data.sl_name, 6,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
    shoelace_data shoelace_data
WHERE 6 <> old.sl_avail
    AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

На последнем, пятом шаге ссылки на OLD заменяются ссылками на результирующее отношение:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (
    shoelace_data.sl_name, 6,
    current_user, current_timestamp )
FROM shoelace_data new, shoelace_data old,
    shoelace_data shoelace_data
WHERE 6 <> shoelace_data.sl_avail
    AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

Вот и всё. Так как правило действует в режиме ALSO, мы также выводим исходное дерево запроса. Таким образом, система правил выдаёт список с двумя деревьями запросов, соответствующими этим операторам:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (  
    shoelace_data.sl_name, 6,  
    current_user, current_timestamp )  
FROM shoelace_data  
WHERE 6 <> shoelace_data.sl_avail  
    AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 6  
WHERE sl_name = 'sl7';
```

Они выполняются в показанном порядке и именно это должно делать данное правило.

Благодаря заменам и добавленным условиям в журнал не добавится запись, например, при таком исходном запросе:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_color = 'green'  
WHERE sl_name = 'sl7';
```

В этом случае исходное дерево запроса не содержит элемент выходного списка для `sl_avail`, так что `NEW.sl_avail` будет заменено переменной `shoelace_data.sl_avail`. Таким образом, дополнительная команда, созданная правилом, будет такой:

```
INSERT INTO shoelace_log VALUES (  
    shoelace_data.sl_name, shoelace_data.sl_avail,  
    current_user, current_timestamp )  
FROM shoelace_data  
WHERE shoelace_data.sl_avail <> shoelace_data.sl_avail  
    AND shoelace_data.sl_name = 'sl7';
```

Это условие применения не будет выполняться никогда.

Это также будет работать, если исходный запрос изменяет несколько строк. Так, если кто-то выполнит команду:

```
UPDATE shoelace_data SET sl_avail = 0  
WHERE sl_color = 'black';
```

фактически будут изменены четыре строки (`sl1`, `sl2`, `sl3` и `sl4`). Но для `sl3` значение `sl_avail = 0`. В этом случае условие исходного дерева другое, так что это правило выдаёт такое дополнительное дерево запроса:

```
INSERT INTO shoelace_log  
SELECT shoelace_data.sl_name, 0,  
    current_user, current_timestamp  
FROM shoelace_data  
WHERE 0 <> shoelace_data.sl_avail  
    AND shoelace_data.sl_color = 'black';
```

. С таким деревом запроса в журнал определённно будут добавлены три записи. И это абсолютно правильно.

Здесь мы видим, почему важно, чтобы исходное дерево запроса выполнялось в конце. Если бы оператор `UPDATE` выполнялся сначала, все строки уже получили бы нулевые значения, так что записывающий в журнал `INSERT` не нашёл бы строк, в которых `0 <> shoelace_data.sl_avail`.

41.4.2. Сочетание с представлениями

Есть один простой вариант защититься от ранее упомянутой возможности выполнять `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` для представлений, когда это нежелательно — создать правила, просто отбрасывающие деревья этих запросов. В нашем случае они будут выглядеть так:

```
CREATE RULE shoe_ins_protect AS ON INSERT TO shoe  
DO INSTEAD NOTHING;  
CREATE RULE shoe_upd_protect AS ON UPDATE TO shoe
```

```
DO INSTEAD NOTHING;
CREATE RULE shoe_del_protect AS ON DELETE TO shoe
DO INSTEAD NOTHING;
```

Если теперь кто-то попытается выполнить одну из этих операций с представлением `shoe`, система правил применит эти правила. Так как это правила без действий в режиме `INSTEAD`, результирующий список деревьев запроса будет пуст и весь запрос аннулируется, так что после работы системы правил будет нечего оптимизировать и выполнять.

Более сложный вариант — использовать систему правил для создания правил, преобразующих дерево запроса в выполняющее нужную операцию с реальными таблицами. Чтобы реализовать это с представлением `shoelace`, мы создадим следующие правила:

```
CREATE RULE shoelace_ins AS ON INSERT TO shoelace
DO INSTEAD
INSERT INTO shoelace_data VALUES (
    NEW.sl_name,
    NEW.sl_avail,
    NEW.sl_color,
    NEW.sl_len,
    NEW.sl_unit
);
```

```
CREATE RULE shoelace_upd AS ON UPDATE TO shoelace
DO INSTEAD
UPDATE shoelace_data
SET sl_name = NEW.sl_name,
    sl_avail = NEW.sl_avail,
    sl_color = NEW.sl_color,
    sl_len = NEW.sl_len,
    sl_unit = NEW.sl_unit
WHERE sl_name = OLD.sl_name;
```

```
CREATE RULE shoelace_del AS ON DELETE TO shoelace
DO INSTEAD
DELETE FROM shoelace_data
WHERE sl_name = OLD.sl_name;
```

Если вы хотите поддерживать также запросы к представлению с `RETURNING`, вам надо создать правила с предложениями `RETURNING`, которые будут вычислять строки представления. Это обычно довольно тривиально для представлений с одной нижележащей таблицей, но несколько затруднительно для представлений с соединением, таких как `shoelace`. Например, для `INSERT` это будет выглядеть так:

```
CREATE RULE shoelace_ins AS ON INSERT TO shoelace
DO INSTEAD
INSERT INTO shoelace_data VALUES (
    NEW.sl_name,
    NEW.sl_avail,
    NEW.sl_color,
    NEW.sl_len,
    NEW.sl_unit
)
RETURNING
    shoelace_data.*,
    (SELECT shoelace_data.sl_len * u.un_fact
     FROM unit u WHERE shoelace_data.sl_unit = u.un_name);
```

Заметьте, что это одно правило поддерживает запросы и `INSERT`, и `INSERT RETURNING` к этому представлению — предложение `RETURNING` просто игнорируется при обычном `INSERT`.

Теперь предположим, что на фабрику прибывает партия шнурков с объёмной сопроводительной накладной. Но вы не хотите вручную вносить по одной записи в представление `shoelace`. Вместо этого можно создать две маленькие таблицы: в первую вы будете вставлять записи из накладной, а вторая пригодится для специального приёма. Для этого мы выполним следующие команды:

```
CREATE TABLE shoelace_arrive (
    arr_name    text,
    arr_quant   integer
);

CREATE TABLE shoelace_ok (
    ok_name     text,
    ok_quant    integer
);

CREATE RULE shoelace_ok_ins AS ON INSERT TO shoelace_ok
DO INSTEAD
UPDATE shoelace
SET sl_avail = sl_avail + NEW.ok_quant
WHERE sl_name = NEW.ok_name;
```

Теперь вы можете наполнить таблицу `shoelace_arrive` данными о поступивших шнурках из накладной:

```
SELECT * FROM shoelace_arrive;
```

arr_name	arr_quant
sl3	10
sl6	20
sl8	20

(3 rows)

Взгляните на текущие данные:

```
SELECT * FROM shoelace;
```

sl_name	sl_avail	sl_color	sl_len	sl_unit	sl_len_cm
sl1	5	black	80	cm	80
sl2	6	black	100	cm	100
sl7	6	brown	60	cm	60
sl3	0	black	35	inch	88.9
sl4	8	black	40	inch	101.6
sl8	1	brown	40	inch	101.6
sl5	4	brown	1	m	100
sl6	0	brown	0.9	m	90

(8 rows)

Теперь переместите прибывшие шнурки во вторую таблицу:

```
INSERT INTO shoelace_ok SELECT * FROM shoelace_arrive;
```

Проверьте, что получилось:

```
SELECT * FROM shoelace ORDER BY sl_name;
```

sl_name	sl_avail	sl_color	sl_len	sl_unit	sl_len_cm
sl1	5	black	80	cm	80
sl2	6	black	100	cm	100
sl7	6	brown	60	cm	60
sl4	8	black	40	inch	101.6


```

sl3      |      10 | black  |      35 | inch  |      88.9
sl8      |      21 | brown  |      40 | inch  |     101.6
sl5      |       4 | brown  |       1 | m     |      100
sl6      |      20 | brown  |      0.9 | m     |       90
(8 rows)

```

```
SELECT * FROM shoelace_log;
```

```

sl_name | sl_avail | log_who | log_when
-----+-----+-----+-----
sl7     |      6  | Al     | Tue Oct 20 19:14:45 1998 MET DST
sl3     |     10  | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
sl6     |     20  | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
sl8     |     21  | Al     | Tue Oct 20 19:25:16 1998 MET DST
(4 rows)

```

Чтобы получить эти результаты из одного `INSERT ... SELECT`, была проделана большая работа. Мы подробно опишем всё преобразование дерева запросов в продолжении этой главы. Начнём с дерева, выданного анализатором запроса:

```

INSERT INTO shoelace_ok
SELECT shoelace_arrive.arr_name, shoelace_arrive.arr_quant
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok;

```

Теперь применяется первое правило `shoelace_ok_ins`, создающее такое дерево:

```

UPDATE shoelace
SET sl_avail = shoelace.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
shoelace_ok old, shoelace_ok new,
shoelace shoelace
WHERE shoelace.sl_name = shoelace_arrive.arr_name;

```

и отбрасывающее исходный `INSERT` в `shoelace_ok`. Этот переписанный запрос снова поступает в систему правил и второе применяемое правило `shoelace_upd` выдаёт:

```

UPDATE shoelace_data
SET sl_name = shoelace.sl_name,
    sl_avail = shoelace.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
    sl_color = shoelace.sl_color,
    sl_len = shoelace.sl_len,
    sl_unit = shoelace.sl_unit
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
shoelace_ok old, shoelace_ok new,
shoelace shoelace, shoelace old,
shoelace new, shoelace_data shoelace_data
WHERE shoelace.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
AND shoelace_data.sl_name = shoelace.sl_name;

```

Это тоже правило `INSTEAD`, так что предыдущее дерево запроса отбрасывается. Заметьте, что этот запрос по-прежнему использует представление `shoelace`. Но система правил ещё не закончила свою работу, она продолжает и применяет правило `_RETURN`, так что мы получаем:

```

UPDATE shoelace_data
SET sl_name = s.sl_name,
    sl_avail = s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
    sl_color = s.sl_color,
    sl_len = s.sl_len,
    sl_unit = s.sl_unit
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
shoelace_ok old, shoelace_ok new,
shoelace shoelace, shoelace old,

```

```

        shoelace new, shoelace_data shoelace_data,
        shoelace old, shoelace new,
        shoelace_data s, unit u
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
      AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name;

```

Наконец, применяется правило `log_shoelace` и выдаётся дополнительное дерево запроса:

```

INSERT INTO shoelace_log
SELECT s.sl_name,
       s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       current_user,
       current_timestamp
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_ok shoelace_ok,
     shoelace_ok old, shoelace_ok new,
     shoelace shoelace, shoelace old,
     shoelace new, shoelace_data shoelace_data,
     shoelace old, shoelace new,
     shoelace_data s, unit u,
     shoelace_data old, shoelace_data new
     shoelace_log shoelace_log
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
      AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name
      AND (s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant) <> s.sl_avail;

```

Теперь, обработав все правила, система правил выдаёт построенные деревья запросов.

В итоге мы получаем два дерева запросов, равнозначные следующим операторам SQL:

```

INSERT INTO shoelace_log
SELECT s.sl_name,
       s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant,
       current_user,
       current_timestamp
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive, shoelace_data shoelace_data,
     shoelace_data s
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.arr_name
      AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name
      AND s.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant <> s.sl_avail;

UPDATE shoelace_data
  SET sl_avail = shoelace_data.sl_avail + shoelace_arrive.arr_quant
FROM shoelace_arrive shoelace_arrive,
     shoelace_data shoelace_data,
     shoelace_data s
WHERE s.sl_name = shoelace_arrive.sl_name
      AND shoelace_data.sl_name = s.sl_name;

```

В результате вся операция, в ходе которой данные, поступающие из одного отношения, вставляются в другое, вставка преобразуется в изменение третьего, что затем становится изменением четвёртого, и запись об этом изменении добавляется в пятое, сводится к двум запросам.

Здесь можно заметить маленькую не очень красивую деталь. Как видно, в этих двух запросах таблица `shoelace_data` фигурирует в списке отношений дважды, тогда как определённо достаточно и одного вхождения. Планировщик не понимает этого и поэтому для дерева запроса `INSERT`, выданного системой правил, будет получен такой план:

```

Nested Loop
-> Merge Join
    -> Seq Scan
        -> Sort

```

```

-> Seq Scan on s
-> Seq Scan
  -> Sort
    -> Seq Scan on shoelace_arrive
-> Seq Scan on shoelace_data

```

Тогда как без лишнего элемента в списке отношений мы получили бы:

```

Merge Join
-> Seq Scan
  -> Sort
    -> Seq Scan on s
-> Seq Scan
  -> Sort
    -> Seq Scan on shoelace_arrive

```

При этом в журнале оказались бы точно такие же записи. Таким образом, применение правил повлекло дополнительное сканирование таблицы `shoelace_data`, в котором не было никакой необходимости. И такое же избыточное сканирование выполняется ещё раз в `UPDATE`. Отнеситесь к этому с пониманием, ведь сделать всё это возможным в принципе было действительно сложно.

И наконец, ещё одна, завершающая демонстрация системы правил PostgreSQL и всей её мощи. Предположим, что вы добавили в базу данных шнурки с экстраординарными цветами:

```

INSERT INTO shoelace VALUES ('sl9', 0, 'pink', 35.0, 'inch', 0.0);
INSERT INTO shoelace VALUES ('sl10', 1000, 'magenta', 40.0, 'inch', 0.0);

```

Давайте создадим представление, чтобы убедиться, что шнурки (записи в `shoelace`) не подходят ни к каким туфлям. Оно будет определено так:

```

CREATE VIEW shoelace_mismatch AS
  SELECT * FROM shoelace WHERE NOT EXISTS
    (SELECT shoename FROM shoe WHERE slcolor = sl_color);

```

Через него мы получаем наши записи:

```

SELECT * FROM shoelace_mismatch;

```

sl_name	sl_avail	sl_color	sl_len	sl_unit	sl_len_cm
sl9	0	pink	35	inch	88.9
sl10	1000	magenta	40	inch	101.6

Теперь мы хотим, чтобы шнурки, которые ни к чему не подходят, удалялись из базы данных. Чтобы немного усложнить задачу для PostgreSQL, мы не будем удалять их непосредственно из таблицы. Вместо этого мы создадим ещё одно представление:

```

CREATE VIEW shoelace_can_delete AS
  SELECT * FROM shoelace_mismatch WHERE sl_avail = 0;

```

И удалим их так:

```

DELETE FROM shoelace WHERE EXISTS
  (SELECT * FROM shoelace_can_delete
    WHERE sl_name = shoelace.sl_name);

```

Вуаля:

```

SELECT * FROM shoelace;

```

sl_name	sl_avail	sl_color	sl_len	sl_unit	sl_len_cm
sl1	5	black	80	cm	80
sl2	6	black	100	cm	100

sl7		6		brown		60		cm		60
sl4		8		black		40		inch		101.6
sl3		10		black		35		inch		88.9
sl8		21		brown		40		inch		101.6
sl10		1000		magenta		40		inch		101.6
sl5		4		brown		1		m		100
sl6		20		brown		0.9		m		90

(9 rows)

Так запрос `DELETE` для представления с ограничивающим условием-подзапросом, использующим в совокупности 4 вложенных/соединённых представления, с одним из которых тоже связано условие с подзапросом, действующим представление, и где используются вычисляемые столбцы представлений, переписывается и преобразуется в одно дерево запроса, которое удаляет требуемые данные из реальной таблицы.

На практике ситуации, когда необходима такая сложная конструкция, встречаются довольно редко, но, тем не менее, приятно осознавать, что всё это возможно и работает.

41.5. Правила и права

В результате переписывания запросов системой правил PostgreSQL обращение может происходить не к тем таблицам/представлениям, к которым обращался исходный запрос. С правилами для изменения возможна так же и запись в другие таблицы.

Правила перезаписи не имеют отдельного владельца — владельцем правил перезаписи, определённых для отношения (таблицы или представления), автоматически считается владелец этого отношения. Система правил PostgreSQL меняет поведение стандартного механизма управления доступом. К отношениям, используемым вследствие применения правил, проверяется доступ владельца правила, но не пользователя, выполняющего запрос. Это значит, что пользователь должен иметь права, необходимые только для обращения к таблицам/представлениям, которые он явно упоминает в своих запросах.

Например, представим, что у пользователя есть список телефонных номеров, некоторые из которых личные, а некоторые должна знать его ассистентка. Он может построить следующую конструкцию:

```
CREATE TABLE phone_data (person text, phone text, private boolean);
CREATE VIEW phone_number AS
    SELECT person, CASE WHEN NOT private THEN phone END AS phone
    FROM phone_data;
GRANT SELECT ON phone_number TO assistant;
```

Никто, кроме него (и суперпользователей базы данных) не сможет обратиться к таблице `phone_data`. Но так как ассистентке было дано (`GRANT`) соответствующее право, она сможет выполнить `SELECT` для представления `phone_number`. Система правил преобразует `SELECT` из `phone_number` в `SELECT` из таблицы `phone_data`. Так как пользователь является владельцем `phone_number`, он же считается владельцем правила, доступ на чтение `phone_data` проверяется для него, и выполнение запроса разрешается. Проверка прав доступа к `phone_number` тоже выполняется, но при этом проверяется пользователь, выполняющий запрос, так что обращаться к этому представлению смогут только сам пользователь и его ассистентка.

Права проверяются правило за правилом. То есть, в данный момент только ассистентка может видеть открытые телефонные номера. Но она может создать другое представление и дать доступ к нему всем (роли `public`), после чего все смогут видеть данные `phone_number` через представление ассистентки. Что она не может сделать, так это создать представление, которое обращается к `phone_data` напрямую. (Вообще она может это сделать, но такое представление не будет работать, так как при любой попытке прочитать его доступ к таблице будет запрещён.) И как только пользователь заметит, что ассистентка открыла доступ к своему представлению `phone_number`, он может лишить её права чтения этого представления. В результате все сразу потеряют доступ и к представлению ассистентки.

Может показаться, что такая проверка «правило-за-правилом» представляет уязвимость, но это не так. Если бы даже этот механизм не работал, ассистентка могла бы создать таблицу со столбцами как в `phone_number` и регулярно копировать туда данные. Тогда это были бы её собственные данные и она могла бы открывать доступ к ним кому угодно. Другими словами, команда `GRANT` означает «Я доверяю тебе». Если кто-то, кому вы доверяете, продельывает такие операции, стоит задуматься и, возможно, лишить его доступа к данным, применив `REVOKE`.

Хотя представления могут применяться для скрывания содержимого определённых столбцов, как описано выше, с их помощью нельзя надёжно скрыть данные в невидимых строках, если только не установлен флаг `security_barrier`. Например, следующее представление небезопасно:

```
CREATE VIEW phone_number AS
  SELECT person, phone FROM phone_data WHERE phone NOT LIKE '412%';
```

Может показаться, что всё в порядке, ведь система правил преобразует `SELECT` из `phone_number` в `SELECT` из `phone_data` и добавит ограничивающее условие, чтобы выдавались только строки с полем `phone`, начинающимся не с 412. Но если пользователь может создавать собственные функции, ему будет не сложно заставить планировщик выполнять функцию пользователя перед выражением `NOT LIKE`. Например:

```
CREATE FUNCTION tricky(text, text) RETURNS bool AS $$
BEGIN
  RAISE NOTICE '% => %', $1, $2;
  RETURN true;
END
$$ LANGUAGE plpgsql COST 0.000000000000000000000001;
```

```
SELECT * FROM phone_number WHERE tricky(person, phone);
```

Так он сможет получить все имена и номера телефонов из таблицы `phone_data` через сообщения `NOTICE`, так как планировщик решит, что лучше выполнить недорогую функцию `tricky` перед более дорогой операцией `NOT LIKE`. И даже если пользователь не имеет права создавать новые функции, он может использовать для подобных атак встроенные функции. (Например, многие функции приведения показывают входные значения в сообщениях об ошибках.)

Подобные соображения распространяются и на правила для изменения. Применительно к примерам предыдущего раздела, владелец таблиц в базе данных может дать кому-нибудь другому для представления `shoelace` права `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`, а для `shoelace_log` только `SELECT`. Действие правила, добавляющее записи в журнал, всё равно будет выполняться успешно, а этот другой пользователь сможет видеть записи в журнале. Но он не сможет создавать поддельные записи, равно как и модифицировать или удалять существующие. В этом случае нет никакой возможности заставить планировщик изменить порядок операций, так как единственное правило, которое обращается к `shoelace_log` — это безусловный `INSERT`. В более сложных сценариях это может быть не так.

Когда требуется, чтобы представление обеспечивало защиту на уровне строк, к нему нужно применить атрибут `security_barrier`. Это предотвратит утечку содержимого строк из злонамеренно выбранных функций и операторов до того, как строки будут отфильтрованы представлением. Например, показанное выше представление будет безопасным, если создать его так:

```
CREATE VIEW phone_number WITH (security_barrier) AS
  SELECT person, phone FROM phone_data WHERE phone NOT LIKE '412%';
```

Представления, созданные с атрибутом `security_barrier`, могут работать гораздо медленнее, чем обычные. И вообще говоря, это неизбежно: самый быстрый план должен быть отвергнут, если он может скомпрометировать защиту. Поэтому данный атрибут по умолчанию не устанавливается.

Планировщик запросов имеет больше свободы, работая с функциями, лишёнными побочных эффектов. Такие функции называются герметичными (`LEAKPROOF`) и включают только простые часто используемые операторы, например, операторы равенства. Планировщик запросов может безопасно вычислять такие функции в любой момент выполнения запроса, так как при вызове их для

строк, невидимых пользователю, не просочится никакая информация об этих строках. Более того, функции, которые не принимают аргументы или которым не передаются аргументы из представления с барьером безопасности, можно не помечать как `LEAKPROOF`, чтобы они вышли наружу, так как они никогда не получают данные из представления. И напротив, функции, которые могут вызвать ошибку в зависимости от значений аргументов (например, в случае переполнения или деления на ноль), герметичными не являются, и могут выдать существенную информацию о невидимых строках, если будут выполнены перед фильтрами строк.

Важно понимать, что даже представление, созданное с атрибутом `security_barrier`, остаётся без опасным только в том смысле, что содержимое невидимых строк не будет передаваться потенциально небезопасным функциям. Но пользователь может собрать некоторые сведения о невидимых данных и другими способами; например, он может проанализировать план запроса, полученный с `EXPLAIN`, или замерить время выполнения запросов с этим представлением. Злоумышленник может сделать определённые выводы об объёме невидимых данных или даже получить некоторую информацию о распределении данных или наиболее частых значениях (так как всё это отражается в статистике для оптимизатора и, как следствие, влияет на время выполнения плана или даже на выбор плана). Если возможность атаки через скрытые каналы вызывает опасения, вероятно, будет разумным не предоставлять никакой доступ к этим данным.

41.6. Правила и статус команд

Сервер PostgreSQL возвращает строку состояния команды, например, `INSERT 149592 1`, для каждой получаемой команды. Это довольно прозрачно, когда не задействуются правила, но что произойдёт, если правила перезапишут запрос?

Правила влияют на состояния команды следующим образом:

- Если с запросом не связано безусловное правило `INSTEAD`, то выполняется заданный исходный запрос и его статус выдаётся как обычно. (Но если определены какие-то условные правила `INSTEAD`, к исходному запросу добавляется условие, обратное их условиям применения. Это может повлиять на число обрабатываемых строк и выводимый статус команды.)
- Если с запросом связано безусловное правило `INSTEAD`, исходный запрос не выполняется вовсе. В этом случае сервер возвратит статус команды от последнего запроса, вставленного правилом `INSTEAD` (условным или безусловным), и тип команды исходного запроса (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`). Если правила не добавили подходящего запроса, в возвращённом статусе команды показывается исходный тип запроса и нули вместо количества строк и `OID`.

Программист может добиться, чтобы статус команды во втором случае устанавливало нужное правило `INSTEAD`, назначив ему имя, стоящее по алфавиту после других активных правил, чтобы это правило применялось последним.

41.7. Сравнение правил и триггеров

Многие вещи, которые можно сделать с помощью триггеров, можно также реализовать, используя систему правил PostgreSQL. Однако, используя правила, нельзя реализовать, например, некоторые типы ограничений, в частности, внешние ключи. Хотя можно определить правило с ограничивающим условием, которое будет преобразовать команду в `NOTHING`, если значение ключа не находится в другой таблице, но при этом неподходящие данные будут отбрасываться молча, а это не самый лучший вариант. Также, если требуется проверить правильность значений и, обнаружив неверное значение, выдать ошибку, это нужно делать в триггере.

В этой главе мы разберём использование правил для изменения представлений. Все правила, приведённые в примерах этой главы, можно также заменить триггерами `INSTEAD OF` для представлений. Написать такие триггеры часто бывает проще, чем разработать правила, особенно если для изменений применяется сложная логика.

Для тех задач, которые можно решить обоими способами, лучший выбирается в зависимости от характера использования базы данных. Следует учитывать, что триггер срабатывает для каждой обрабатываемой строки, а правило изменяет существующий запрос или создаёт ещё один. Поэто-

му, если один оператор обрабатывает сразу много строк, правило, добавляющее дополнительную команду, скорее всего, будет работать быстрее, чем триггер, который вызывается для каждой очередной строки и должен каждый раз определять, что с ней делать. Однако триггеры концептуально гораздо проще правил, и использовать их правильно новичкам гораздо проще.

Давайте рассмотрим пример, показывающий, как выбор в пользу правил вместо триггеров оказывается выигрышным в определённой ситуации. Пусть у нас есть две таблицы:

```
CREATE TABLE computer (
    hostname      text,      -- индексированное
    manufacturer  text      -- индексированное
);
```

```
CREATE TABLE software (
    software      text,      -- индексированное
    hostname      text      -- индексированное
);
```

Обе таблицы содержат несколько тысяч строк, а индексы по полю `hostname` являются уникальными. Правило или триггер должны реализовать ограничение, которое удалит строки из таблицы `software`, ссылающиеся на удаляемый компьютер. Триггер выполнял бы такую команду:

```
DELETE FROM software WHERE hostname = $1;
```

Так как триггер вызывается для каждой отдельной строки, удаляемой из таблицы `computer`, он может подготовить и сохранить план этой команды, а затем передавать значение `hostname` подготовленному запросу в параметрах. Правило же можно записать так:

```
CREATE RULE computer_del AS ON DELETE TO computer
DO DELETE FROM software WHERE hostname = OLD.hostname;
```

Теперь давайте взглянем на разные варианты удаления. В этом случае:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname = 'mypc.local.net';
```

таблица `computer` сканируется по индексу (быстро), и команда, выполняемая триггером, так же будет применять сканирование по индексу (тоже быстро). Дополнительной командой правила будет:

```
DELETE FROM software WHERE computer.hostname = 'mypc.local.net'
AND software.hostname = computer.hostname;
```

Так как созданы все необходимые индексы, планировщик создаст план

```
Nestloop
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

Таким образом, большого различия в скорости между реализациями с триггером и с правилом не будет.

Теперь мы хотим избавиться от 2000 компьютеров, у которых `hostname` начинается с `old`. Это можно сделать двумя командами. Первая:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname >= 'old'
AND hostname < 'ole'
```

Правило преобразует её в:

```
DELETE FROM software WHERE computer.hostname >= 'old' AND computer.hostname < 'ole'
AND software.hostname = computer.hostname;
```

с планом:

```
Hash Join
-> Seq Scan on software
-> Hash
```

```
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
```

С другой возможной командой:

```
DELETE FROM computer WHERE hostname ~ '^old';
```

для запроса, преобразованного правилом, получается следующий план:

Nestloop

```
-> Index Scan using comp_hostidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

Это показывает, что планировщик не понимает, что ограничение по `hostname` в `computer` можно также использовать для сканирования по индексу в `software`, когда несколько условий объединяются с помощью `AND`, что он успешно делает для варианта команды с регулярным выражением. Триггер будет вызываться для каждой из 2000 удаляемых записей о старых компьютерах, и это приведёт к одному сканированию индекса в таблице `computer` и 2000 сканированиям индекса в таблице `software`. Реализация с правилом делает это двумя командами, применяющими индексы. Будет ли правило быстрее при последовательном сканировании, зависит от общего размера таблицы `software`. С другой стороны, выполнение 2000 команд из триггера через менеджер SPI всё равно займёт время, даже если все блоки индекса вскоре окажутся в кеше.

В завершение взгляните на эту команду:

```
DELETE FROM computer WHERE manufacturer = 'bim';
```

Она также может привести к удалению множества строк из таблицы `computer`. Поэтому триггер снова пропустит через исполнитель такое же множество команд. Правило же выдаст следующую команду:

```
DELETE FROM software WHERE computer.manufacturer = 'bim'
                        AND software.hostname = computer.hostname;
```

План для этой команды снова будет содержать вложенный цикл по двум сканированиям индекса, но на этот раз с другим индексом таблицы `computer`:

Nestloop

```
-> Index Scan using comp_manufidx on computer
-> Index Scan using soft_hostidx on software
```

Во всех этих случаях дополнительные команды будут более-менее независимыми от числа затрагиваемых строк.

Таким образом, правила будут значительно медленнее триггеров, только если их действия приводят к образованию больших и плохо связанных соединений, когда планировщик оказывается бессилен.

Глава 42. Процедурные языки

PostgreSQL позволяет разрабатывать пользовательские функции не только на SQL и C, но и на других языках. Эти языки в целом называются *процедурными языками* (PL, Procedural Language). Если функция написана на процедурном языке, сервер баз данных сам по себе не знает, как интерпретировать её исходный текст. Вместо этого он передаёт эту задачу специальному обработчику, понимающему данный язык. Обработчик может либо выполнить всю работу по разбору, синтаксическому анализу, выполнению кода и т. д., либо действовать как «прослойка» между PostgreSQL и внешним исполнителем языка программирования. Сам обработчик представляет собой функцию на языке C, скомпилированную в виде разделяемого объекта и загружаемую по требованию, как и любая другая функция на C.

В настоящее время стандартный дистрибутив PostgreSQL включает четыре процедурных языка: PL/pgSQL (Глава 43), PL/Tcl (Глава 44), PL/Perl (Глава 45) и PL/Python (Глава 46). Существуют и другие процедурные языки, поддержка которых не включена в базовый дистрибутив. Информацию о них можно найти в Приложении Н. Кроме того, пользователи могут реализовать и другие языки; основы разработки нового процедурного языка рассматриваются в Главе 56.

42.1. Установка процедурных языков

Прежде всего, процедурный язык должен быть «установлен» в каждую базу данных, где он будет использоваться. Но процедурные языки, устанавливаемые в базу данных `template1`, автоматически становятся доступными во всех впоследствии создаваемых базах, так как их определения в `template1` будут скопированы командой `CREATE DATABASE`. Таким образом, администратор баз данных может выбрать, какие языки будут доступны в определённых базах данных, и при желании сделать некоторые языки доступными по умолчанию.

Для языков, включённых в стандартный дистрибутив, достаточно выполнить команду `CREATE EXTENSION имя_языка`, чтобы установить язык в текущую базу данных. Описанная ниже ручная процедура рекомендуется только для установки языков, не упакованных в виде расширений.

Установка процедурного языка вручную

Процедурный язык устанавливается в базу данных в пять этапов, и выполнять их должен администратор баз данных. В большинстве случаев необходимые команды SQL следует упаковать в виде установочного скрипта «расширения», чтобы их можно было выполнить, воспользовавшись командой `CREATE EXTENSION`.

1. Разделяемый объект для обработчика языка должен быть скомпилирован и установлен в соответствующий каталог библиотек. Это в принципе не отличается от сборки и установки дополнительных модулей с обычными функциями на языке C; см. Подраздел 38.10.5. Часто обработчик языка зависит от внешней библиотеки, в которой собственно реализован исполнитель языка программирования; в таких случаях нужно установить и эту библиотеку.
2. Обработчик должен быть объявлен командой

```
CREATE FUNCTION имя_функции_обработчика()  
    RETURNS language_handler  
    AS 'путь-к-разделяемому-объекту'  
    LANGUAGE C;
```

Специальный тип возврата `language_handler` говорит СУБД, что эта функция не возвращает какой-либо определённый тип данных SQL, и значит её нельзя использовать непосредственно в операторах SQL.

3. (Optional) Дополнительно обработчик языка может предоставить функцию обработки «внедрённого кода», которая будет выполнять анонимные блоки кода (команды DO), написанные на этом языке. Если для языка есть обработчик внедрённого кода, объявите его такой командой:

```
CREATE FUNCTION имя_обработчика_внедрённого_кода(internal)  
    RETURNS void
```

```
AS 'путь-к-разделяемому-объекту'
LANGUAGE C;
```

4. (Optional) Кроме того, обработчик языка может предоставить функцию «проверки», которая будет проверять корректность определения функции, собственно не выполняя её. Функция проверки, если она существует, вызывается командой `CREATE FUNCTION`. Если такая функция для языка определена, объявите её такой командой:

```
CREATE FUNCTION имя_функции_проверки(oid)
    RETURNS void
    AS 'путь-к-разделяемому-объекту'
    LANGUAGE C STRICT;
```

5. Наконец, процедурный язык должен быть объявлен командой

```
CREATE [TRUSTED] [PROCEDURAL] LANGUAGE имя-языка
    HANDLER имя_функции_обработчика
    [INLINE имя_обработчика_внедрённого_кода]
    [VALIDATOR имя_функции_проверки] ;
```

Необязательное ключевое слово `TRUSTED` (доверенный) указывает, что язык не предоставляет пользователю доступ к данным, которого он не имел бы без него. Доверенные языки предназначены для обычных пользователей баз данных, не имеющих прав суперпользователя, и их можно использовать для безопасного создания функций и процедур. Так как функции PL выполняются внутри сервера баз данных, флаг `TRUSTED` следует устанавливать только для тех языков, которые не позволяют обращаться к внутренним механизмам сервера или файловой системе. Языки PL/pgSQL, PL/Tcl и PL/Perl считаются доверенными; языки PL/TclU, PL/PerlU и PL/PythonU предоставляют неограниченную функциональность и их *не* следует помечать как доверенные.

Примере 42.1 показывает, как выполняется процедура ручной установки для языка PL/Perl.

Пример 42.1. Установка PL/Perl вручную

Следующая команда говорит серверу баз данных, где найти разделяемый объект для функции-обработчика языка PL/Perl:

```
CREATE FUNCTION plperl_call_handler() RETURNS language_handler AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C;
```

Для PL/Perl реализованы обработчик внедрённого кода и функция проверки, так что их мы тоже объявим:

```
CREATE FUNCTION plperl_inline_handler(internal) RETURNS void AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C;
```

```
CREATE FUNCTION plperl_validator(oid) RETURNS void AS
    '$libdir/plperl' LANGUAGE C STRICT;
```

Следующая команда:

```
CREATE TRUSTED PROCEDURAL LANGUAGE plperl
    HANDLER plperl_call_handler
    INLINE plperl_inline_handler
    VALIDATOR plperl_validator;
```

определяет, что ранее объявленные функции должны вызываться для функций и процедур с атрибутом языка `plperl`.

В стандартной инсталляции PostgreSQL обработчик языка PL/pgSQL уже собран и установлен в каталог «библиотек»; более того, сам язык PL/pgSQL установлен во всех базах данных. Если при сборке сконфигурирована поддержка Tcl, то обработчики для PL/Tcl и PL/TclU собираются и устанавливаются в каталог библиотек, но сам язык по умолчанию в базы данных не устанавливается. Подобным образом, если сконфигурирована поддержка Perl, собираются и устанавливаются обра-

ботчики PL/Perl и PL/PerlU, а при включении поддержки Python устанавливается обработчик PL/PythonU, но в базы данных эти языки по умолчанию не устанавливаются.

Глава 43. PL/pgSQL — процедурный язык SQL

43.1. Обзор

PL/pgSQL это процедурный язык для СУБД PostgreSQL. Целью проектирования PL/pgSQL было создание загружаемого процедурного языка, который:

- используется для создания функций и триггеров,
- добавляет управляющие структуры к языку SQL,
- может выполнять сложные вычисления,
- наследует все пользовательские типы, функции и операторы,
- может быть определён как доверенный язык,
- прост в использовании.

Функции PL/pgSQL могут использоваться везде, где допустимы встроенные функции. Например, можно создать функции со сложными вычислениями и условной логикой, а затем использовать их при определении операторов или в индексных выражениях.

В версии PostgreSQL 9.0 и выше, PL/pgSQL устанавливается по умолчанию. Тем не менее, это по-прежнему загружаемый модуль и администраторы, особо заботящиеся о безопасности, могут удалить его при необходимости.

43.1.1. Преимущества использования PL/pgSQL

PostgreSQL и большинство других СУБД используют SQL в качестве языка запросов. SQL хорошо переносим и прост в изучении. Однако каждый оператор SQL выполняется индивидуально на сервере базы данных.

Это значит, что ваше клиентское приложение должно каждый запрос отправлять на сервер, ждать пока он будет обработан, получать результат, делать некоторые вычисления, затем отправлять последующие запросы на сервер. Всё это требует межпроцессного взаимодействия, а также несёт нагрузку на сеть, если клиент и сервер базы данных расположены на разных компьютерах.

PL/pgSQL позволяет сгруппировать блок вычислений и последовательность запросов *внутри* сервера базы данных, таким образом, мы получаем силу процедурного языка и простоту использования SQL при значительной экономии накладных расходов на клиент-серверное взаимодействие.

- Исключаются дополнительные обращения между клиентом и сервером
- Промежуточные ненужные результаты не передаются между сервером и клиентом
- Есть возможность избежать многочисленных разборов одного запроса

В результате это приводит к значительному увеличению производительности по сравнению с приложением, которое не использует хранимых функций.

Кроме того, PL/pgSQL позволяет использовать все типы данных, операторы и функции SQL.

43.1.2. Поддерживаемые типы данных аргументов и возвращаемых значений

Функции на PL/pgSQL могут принимать в качестве аргументов все поддерживаемые сервером скалярные типы данных или массивы и возвращать в качестве результата любой из этих типов. Они могут принимать и возвращать именованные составные типы (типы строк таблицы). Также есть возможность объявить функцию на PL/pgSQL как принимающую `record`, то есть ей может быть передан любой составной тип, или как возвращающую `record`, то есть её результатом будет строковый тип, столбцы которого определит спецификация вызывающего запроса, как описано в Подразделе 7.2.1.4.

Использование маркера `VARIADIC` позволяет объявлять функции на PL/pgSQL с переменным числом аргументов. Это работает точно так же, как и для функций на SQL, как описано в Подразделе 38.5.5.

Функции на PL/pgSQL могут принимать и возвращать полиморфные типы `anyelement`, `anyarray`, `anynonarray`, `anyenum` и `anyrange`. В таких случаях фактические типы данных могут меняться от вызова к вызову, как описано в Подраздел 38.2.5. Пример показан в Подразделе 43.3.1.

Функции на PL/pgSQL могут возвращать «множества» (или таблицы) любого типа, которые могут быть возвращены в виде одного объекта. Такие функции генерируют вывод, выполняя команду `RETURN NEXT` для каждого элемента результирующего набора или `RETURN QUERY` для вывода результата запроса.

Наконец, при отсутствии полезного возвращаемого значения функция на PL/pgSQL может возвращать `void`. (С другой стороны, её также можно оформить в виде процедуры.)

Функции на PL/pgSQL можно объявить с выходными параметрами вместо явного задания типа возвращаемого значения. Это не добавляет никаких фундаментальных возможностей языку, но часто бывает удобно, особенно для возвращения нескольких значений. Нотация `RETURNS TABLE` может использоваться вместо `RETURNS SETOF`.

Конкретные примеры рассматриваются в Подразделе 43.3.1 и Подразделе 43.6.1.

43.2. Структура PL/pgSQL

Функции, написанные на PL/pgSQL, определяются на сервере командами `CREATE FUNCTION`. Такая команда обычно выглядит, например, так:

```
CREATE FUNCTION somefunc(integer, text) RETURNS integer
AS 'тело функции'
LANGUAGE plpgsql;
```

Если рассматривать `CREATE FUNCTION`, тело функции представляет собой просто текстовую строку. Часто для написания тела функции удобнее заключать эту строку в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в обычные апострофы. Если не применять заключение в доллары, все апострофы или обратные косые черты в теле функции придётся экранировать, дублируя их. Почти во всех примерах в этой главе тело функций заключается в доллары.

PL/pgSQL это блочно-структурированный язык. Текст тела функции должен быть *блоком*. Структура блока:

```
[ <<метка>> ]
[ DECLARE
    объявления ]
BEGIN
    операторы
END [ метка ];
```

Каждое объявление и каждый оператор в блоке должны завершаться символом `;` (точка с запятой). Блок, вложенный в другой блок, должен иметь точку с запятой после `END`, как показано выше. Однако финальный `END`, завершающий тело функции, не требует точки с запятой.

Подсказка

Распространённой ошибкой является добавление точки с запятой сразу после `BEGIN`. Это неправильно и приведёт к синтаксической ошибке.

Метка требуется только тогда, когда нужно идентифицировать блок в операторе `EXIT`, или дополнить имена переменных, объявленных в этом блоке. Если метка указана после `END`, то она должна совпадать с меткой в начале блока.

Ключевые слова не чувствительны к регистру символов. Как и в обычных SQL-командах, идентификаторы неявно преобразуются к нижнему регистру, если они не взяты в двойные кавычки.

Комментарии в PL/pgSQL коде работают так же, как и в обычном SQL. Двойное тире (--) начинает комментарий, который завершается в конце строки. Блочный комментарий начинается с /* и завершается */. Блочные комментарии могут быть вложенными.

Любой оператор в выполняемой секции блока может быть *вложенным блоком*. Вложенные блоки используются для логической группировки нескольких операторов или локализации области действия переменных для группы операторов. Во время выполнения вложенного блока переменные, объявленные в нём, скрывают переменные внешних блоков с такими же именами. Чтобы получить доступ к внешним переменным, нужно дополнить их имена меткой блока. Например:

```
CREATE FUNCTION somefunc() RETURNS integer AS $$
<< outerblock >>
DECLARE
    quantity integer := 30;
BEGIN
    RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity; -- Выводится 30
    quantity := 50;
    --
    -- Вложенный блок
    --
    DECLARE
        quantity integer := 80;
    BEGIN
        RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity; -- Выводится 80
        RAISE NOTICE 'Во внешнем блоке quantity = %', outerblock.quantity; --
Выводится 50
    END;

    RAISE NOTICE 'Сейчас quantity = %', quantity; -- Выводится 50

    RETURN quantity;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Примечание

Существует скрытый «внешний блок», окружающий тело каждой функции на PL/pgSQL. Этот блок содержит объявления параметров функции (если они есть), а также некоторые специальные переменные, такие как FOUND (см. Подраздел 43.5.5). Этот блок имеет метку, совпадающую с именем функции, таким образом, параметры и специальные переменные могут быть дополнены именем функции.

Важно не путать использование BEGIN/END для группировки операторов в PL/pgSQL с одноимёнными SQL-командами для управления транзакциями. BEGIN/END в PL/pgSQL служат только для группировки предложений; они не начинают и не заканчивают транзакции. Управление транзакциями в PL/pgSQL описывается в Разделе 43.8. Кроме того, блок с предложением EXCEPTION по сути создаёт вложенную транзакцию, которую можно отменить, не затрагивая внешнюю транзакцию. Подробнее это описано в Подразделе 43.6.8.

43.3. Объявления

Все переменные, используемые в блоке, должны быть определены в секции объявления. (За исключением переменной-счётчика цикла FOR, которая объявляется автоматически. Для цикла по диапазону чисел автоматически объявляется целочисленная переменная, а для цикла по результатам курсора - переменная типа record.)

Переменные PL/pgSQL могут иметь любой тип данных SQL, такой как `integer`, `varchar`, `char`.

Примеры объявления переменных:

```
user_id integer;
quantity numeric(5);
url varchar;
myrow tablename%ROWTYPE;
myfield tablename.columnname%TYPE;
arow RECORD;
```

Общий синтаксис объявления переменной:

```
имя [ CONSTANT ] тип [ COLLATE имя_правила_сортировки ] [ NOT NULL ] [ { DEFAULT | := |  
= } выражение ];
```

Предложение `DEFAULT`, если присутствует, задаёт начальное значение, которое присваивается переменной при входе в блок. Если отсутствует, то переменная инициализируется SQL-значением `NULL`. Указание `CONSTANT` предотвращает изменение значения переменной после инициализации, таким образом, значение остаётся постоянным в течение всего блока. Параметр `COLLATE` определяет правило сортировки, которое будет использоваться для этой переменной (см. Подраздел 43.3.6). Если указано `NOT NULL`, то попытка присвоить `NULL` во время выполнения приведёт к ошибке. Все переменные, объявленные как `NOT NULL`, должны иметь непустые значения по умолчанию. Можно использовать знак равенства (=) вместо совместимого с PL/SQL `:=`.

Значение по умолчанию вычисляется и присваивается переменной каждый раз при входе в блок (не только при первом вызове функции). Так, например, если переменная типа `timestamp` имеет функцию `now()` в качестве значения по умолчанию, это приведёт к тому, что переменная всегда будет содержать время текущего вызова функции, а не время, когда функция была предварительно скомпилирована.

Примеры:

```
quantity integer DEFAULT 32;
url varchar := 'http://mysite.com';
user_id CONSTANT integer := 10;
```

43.3.1. Объявление параметров функции

Передаваемые в функцию параметры именуются идентификаторами `$1`, `$2` и т. д. Дополнительно, для улучшения читаемости, можно объявить псевдонимы для параметров `$n`. Либо псевдоним, либо цифровой идентификатор используются для обозначения параметра.

Создать псевдоним можно двумя способами. Предпочтительный способ это дать имя параметру в команде `CREATE FUNCTION`, например:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(subtotal real) RETURNS real AS $$
BEGIN
    RETURN subtotal * 0.06;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Другой способ это явное объявление псевдонима при помощи синтаксиса:

```
имя ALIAS FOR $n;
```

Предыдущий пример для этого стиля выглядит так:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(real) RETURNS real AS $$
DECLARE
    subtotal ALIAS FOR $1;
BEGIN
    RETURN subtotal * 0.06;
END;
```

```
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Примечание

Эти два примера не полностью эквивалентны. В первом случае, на `subtotal` можно ссылаться как `sales_tax.subtotal`, а во втором случае такая ссылка невозможна. (Если бы к внутреннему блоку была добавлена метка, то `subtotal` можно было бы дополнить этой меткой.)

Ещё несколько примеров:

```
CREATE FUNCTION instr(vchar, integer) RETURNS integer AS $$
DECLARE
    v_string ALIAS FOR $1;
    index ALIAS FOR $2;
BEGIN
    -- вычисления, использующие v_string и index
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

```
CREATE FUNCTION concat_selected_fields(in_t sometable) RETURNS text AS $$
BEGIN
    RETURN in_t.f1 || in_t.f3 || in_t.f5 || in_t.f7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Когда функция на PL/pgSQL объявляется с выходными параметрами, им выдаются цифровые идентификаторы `$n` и для них можно создавать псевдонимы точно таким же способом, как и для обычных входных параметров. Выходной параметр это фактически переменная, стартующая с `NULL` и которой присваивается значение во время выполнения функции. Возвращается последнее присвоенное значение. Например, функция `sales_tax` может быть переписана так:

```
CREATE FUNCTION sales_tax(subtotal real, OUT tax real) AS $$
BEGIN
    tax := subtotal * 0.06;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обратите внимание, что мы опустили `RETURNS real` — хотя можно было и включить, но это было бы излишним.

Выходные параметры наиболее полезны для возвращения нескольких значений. Простейший пример:

```
CREATE FUNCTION sum_n_product(x int, y int, OUT sum int, OUT prod int) AS $$
BEGIN
    sum := x + y;
    prod := x * y;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Как обсуждалось в Подразделе 38.5.4, здесь фактически создаётся анонимный тип `record` для возвращения результата функции. Если используется предложение `RETURNS`, то оно должна выглядеть как `RETURNS record`.

Есть ещё способ объявить функцию на PL/pgSQL с использованием `RETURNS TABLE`, например:

```
CREATE FUNCTION extended_sales(p_itemno int)
RETURNS TABLE(quantity int, total numeric) AS $$
```



```
BEGIN
    RETURN QUERY SELECT s.quantity, s.quantity * s.price FROM sales s
        WHERE s.itemno = p_itemno;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Это в точности соответствует объявлению одного или нескольких параметров OUT и указанию RETURNS SETOF *некий_тип*.

Для функции на PL/pgSQL, возвращающей полиморфный тип (anyelement, anyarray, anynonarray, anyenum, anyrange), создаётся специальный параметр \$0. Его тип данных соответствует типу, фактически возвращаемому функцией, и который устанавливается на основании фактических типов входных параметров (см. Подраздел 38.2.5). Это позволяет функции получить доступ к фактически возвращаемому типу данных, как показано в Подразделе 43.3.3. Параметр \$0 инициализируется в NULL и его можно изменять внутри функции. Таким образом, его можно использовать для хранения возвращаемого значения, хотя это необязательно. Параметру \$0 можно дать псевдоним. В следующем примере функция работает с любым типом данных, поддерживающим оператор +:

```
CREATE FUNCTION add_three_values(v1 anyelement, v2 anyelement, v3 anyelement)
RETURNS anyelement AS $$
DECLARE
    result ALIAS FOR $0;
BEGIN
    result := v1 + v2 + v3;
    RETURN result;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Такой же эффект получается при объявлении одного или нескольких выходных параметров полиморфного типа. При этом \$0 не создаётся; выходные параметры сами используются для этой цели. Например:

```
CREATE FUNCTION add_three_values(v1 anyelement, v2 anyelement, v3 anyelement,
                                OUT sum anyelement)
AS $$
BEGIN
    sum := v1 + v2 + v3;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

43.3.2. ALIAS

```
новое_имя ALIAS FOR старое_имя;
```

Синтаксис ALIAS более общий, чем предполагалось в предыдущем разделе: псевдонимы можно объявлять для любых переменных, а не только для параметров функции. Основная практическая польза в том, чтобы назначить другие имена переменным с предопределёнными названиями, таким как NEW или OLD в триггерной функции.

Примеры:

```
DECLARE
    prior ALIAS FOR old;
    updated ALIAS FOR new;
```

Поскольку ALIAS даёт два различных способа именования одних и тех же объектов, то его неограниченное использование может привести к путанице. Лучше всего использовать ALIAS для переименования предопределённых имён.

43.3.3. Наследование типов данных

```
переменная%TYPE
```

Конструкция `%TYPE` предоставляет тип данных переменной или столбца таблицы. Её можно использовать для объявления переменных, содержащих значения из базы данных. Например, для объявления переменной с таким же типом, как и столбец `user_id` в таблице `users` нужно написать:

```
user_id users.user_id%TYPE;
```

Используя `%TYPE`, не нужно знать тип данных структуры, на которую вы ссылаетесь. И самое главное, если в будущем тип данных изменится (например: тип данных для `user_id` поменяется с `integer` на `real`), то вам может не понадобится изменять определение функции.

Использование `%TYPE` особенно полезно в полиморфных функциях, поскольку типы данных, необходимые для внутренних переменных, могут меняться от одного вызова к другому. Соответствующие переменные могут быть созданы с применением `%TYPE` к аргументам и возвращаемому значению функции.

43.3.4. Типы кортежей

```
имя имя_таблицы%ROWTYPE;
имя имя_составного_типа;
```

Переменная составного типа называется *строковой* переменной (или переменной *типа строки*). Значением такой переменной может быть целая строка, полученная в результате выполнения запроса `SELECT` или `FOR`, при условии, что набор столбцов запроса соответствует заявленному типу переменной. Доступ к отдельным значениям полей строковой переменной осуществляется, как обычно, через точку, например `rowvar.field`.

Строковая переменная может быть объявлена с таким же типом, как и строка в существующей таблице или представлении, используя нотацию `имя_таблицы%ROWTYPE`; или с именем составного типа. (Поскольку каждая таблица имеет соответствующий составной тип с таким же именем, то на самом деле в PostgreSQL не имеет значения, пишете ли вы `%ROWTYPE` или нет. Но использование `%ROWTYPE` более переносимо.)

Параметры функции могут быть составного типа (строки таблицы). В этом случае соответствующий идентификатор `$n` будет строковой переменной, поля которой можно выбирать, например `$1.user_id`.

Ниже приведён пример использования составных типов. `table1` и `table2` это существующие таблицы, имеющие, по меньшей мере, перечисленные столбцы:

```
CREATE FUNCTION merge_fields(t_row table1) RETURNS text AS $$
DECLARE
    t2_row table2%ROWTYPE;
BEGIN
    SELECT * INTO t2_row FROM table2 WHERE ... ;
    RETURN t_row.f1 || t2_row.f3 || t_row.f5 || t2_row.f7;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT merge_fields(t.*) FROM table1 t WHERE ... ;
```

43.3.5. Тип record

```
имя RECORD;
```

Переменные типа `record` похожи на переменные строкового типа, но они не имеют предопределённой структуры. Они приобретают фактическую структуру от строки, которая им присваивается командами `SELECT` или `FOR`. Структура переменной типа `record` может меняться каждый раз при присвоении значения. Следствием этого является то, что пока значение не присвоено первый раз, переменная типа `record` не имеет структуры и любая попытка получить доступ к отдельному полю приведёт к ошибке во время исполнения.

Обратите внимание, что `RECORD` это не подлинный тип данных, а только лишь заполнитель. Также следует понимать, что функция на PL/pgSQL, имеющая тип возвращаемого значения `record`, это не то же самое, что и переменная типа `record`, хотя такая функция может использовать переменную типа `record` для хранения своего результата. В обоих случаях фактическая структура строки неизвестна во время создания функции, но для функции, возвращающей `record`, фактическая структура определяется во время разбора вызывающего запроса, в то время как переменная типа `record` может менять свою структуру на лету.

43.3.6. Упорядочение переменных PL/pgSQL

Когда функция на PL/pgSQL имеет один или несколько параметров сортируемых типов данных, правило сортировки определяется при каждом вызове функции в зависимости от правил сортировки фактических аргументов, как описано в Разделе 23.2. Если оно определено успешно (т. е. среди аргументов нет конфликтов между неявными правилами сортировки), то все соответствующие параметры неявно трактуются как имеющее это правило сортировки. Внутри функции это будет влиять на поведение операторов, зависящих от используемого правила сортировки. Рассмотрим пример:

```
CREATE FUNCTION less_than(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
BEGIN
    RETURN a < b;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT less_than(text_field_1, text_field_2) FROM table1;
SELECT less_than(text_field_1, text_field_2 COLLATE "C") FROM table1;
```

В первом случае `less_than` будет использовать для сравнения общее правило сортировки для `text_field_1` и `text_field_2`, в то время как во втором случае будет использоваться правило `C`.

Кроме того, определённое для вызова функции правило сортировки также будет использоваться для любых локальных переменных соответствующего типа. Таким образом, функция не станет работать по-другому, если её переписать так:

```
CREATE FUNCTION less_than(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
DECLARE
    local_a text := a;
    local_b text := b;
BEGIN
    RETURN local_a < local_b;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Если параметров с типами данных, поддерживающими сортировку, нет, или для параметров невозможно определить общее правило сортировки, тогда для параметров и локальных переменных применяются правила, принятые для их типа данных по умолчанию (которые обычно совпадают с правилами сортировки по умолчанию, принятыми для базы данных, но могут отличаться для переменных доменных типов).

Локальная переменная может иметь правило сортировки, отличное от правила по умолчанию. Для этого используется параметр `COLLATE` в объявлении переменной, например:

```
DECLARE
    local_a text COLLATE "en_US";
```

Этот параметр переопределяет правило сортировки, которое получила бы переменная в соответствии с вышеуказанными правилами.

И, конечно же, можно явно указывать параметр `COLLATE` для конкретных операций внутри функции, если к ним требуется применить конкретное правило сортировки. Например:

```
CREATE FUNCTION less_than_c(a text, b text) RETURNS boolean AS $$
```

```
BEGIN
    RETURN a < b COLLATE "C";
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Как и в обычной SQL-команде, это переопределяет правила сортировки, связанные с полями таблицы, параметрами и локальными переменными, которые используются в данном выражении.

43.4. Выражения

Все выражения, используемые в операторах PL/pgSQL, обрабатываются основным исполнителем SQL-сервера. Например, для вычисления такого выражения:

```
IF выражение THEN ...
```

PL/pgSQL отправит следующий запрос исполнителю SQL:

```
SELECT выражение
```

При формировании команды `SELECT` все вхождения имён переменных PL/pgSQL заменяются параметрами, как подробно описано в Подразделе 43.11.1. Это позволяет один раз подготовить план выполнения команды `SELECT` и повторно использовать его в последующих вычислениях с различными значениями переменных. Таким образом, при первом использовании выражения, по сути происходит выполнение команды `PREPARE`. Например, если мы объявили две целочисленные переменные `x` и `y`, и написали:

```
IF x < y THEN ...
```

то, что реально происходит за сценой, эквивалентно:

```
PREPARE имя_оператора(integer, integer) AS SELECT $1 < $2;
```

и затем, эта подготовленная команда выполняется (`EXECUTE`) для каждого оператора `IF` с текущими значениями переменных PL/pgSQL, переданных как значения параметров. Обычно эти детали не важны для пользователей PL/pgSQL, но их полезно знать при диагностировании проблем. Более подробно об этом рассказывается в Подразделе 43.11.2.

43.5. Основные операторы

В этом и последующих разделах описаны все типы операторов, которые понимает PL/pgSQL. Все, что не признается в качестве одного из этих типов операторов, считается командой SQL и отправляется для исполнения в основную машину базы данных, как описано в Подразделе 43.5.2 и Подразделе 43.5.3.

43.5.1. Присваивания

Присвоение значения переменной PL/pgSQL записывается в виде:

```
переменная { := | = } выражение;
```

Как описывалось ранее, выражение в таком операторе вычисляется с помощью SQL-команды `SELECT`, посылаемой в основную машину базы данных. Выражение должно получить одно значение (возможно, значение строки, если переменная строкового типа или типа `record`). Целевая переменная может быть простой переменной (возможно, дополненной именем блока), полем в переменной строкового типа или записи; или элементом массива, который является простой переменной или полем. Для присвоения можно использовать знак равенства (=) вместо совместимого с PL/SQL `:=`.

Если тип данных результата выражения не соответствует типу данных переменной, это значение будет преобразовано к нужному типу с использованием приведения присваивания (см. Раздел 10.4). В случае отсутствия приведения присваивания для этой пары типов, интерпретатор PL/pgSQL попытается преобразовать значение результата через текстовый формат, то есть применив функцию вывода типа результата, а за ней функцию ввода типа переменной. Заметьте, что при

этом функция ввода может выдавать ошибки времени выполнения, если не воспримет строковое представление значения результата.

Примеры:

```
tax := subtotal * 0.06;
my_record.user_id := 20;
```

43.5.2. Выполнение команды, не возвращающей результат

В функции на PL/pgSQL можно выполнить любую команду SQL, не возвращающую строк, просто написав эту команду (например, INSERT без предложения RETURNING).

Имя любой переменной PL/pgSQL в тексте команды рассматривается как параметр, а затем текущее значение переменной подставляется в качестве значения параметра во время выполнения. Это в точности совпадает с описанной ранее обработкой для выражений; за подробностями обратитесь к Подразделу 43.11.1.

При выполнении SQL-команды таким образом, PL/pgSQL может кешировать и повторно использовать план выполнения команды, как обсуждается в Подразделе 43.11.2.

Иногда бывает полезно вычислить значение выражения или запроса SELECT, но отказаться от результата, например, при вызове функции, у которой есть побочные эффекты, но нет полезного результата. Для этого в PL/pgSQL, используется оператор PERFORM:

```
PERFORM запрос;
```

Эта команда выполняет *запрос* и отбрасывает результат. *Запросы* пишутся таким же образом, как и в команде SQL SELECT, но ключевое слово SELECT заменяется на PERFORM. Для запросов WITH после PERFORM нужно поместить запрос в скобки. (В этом случае запрос может вернуть только одну строку.) Переменные PL/pgSQL будут подставлены в запрос так же, как и в команду, не возвращающую результат, план запроса также кешируется. Кроме того, специальная переменная FOUND устанавливается в истину, если запрос возвращает, по крайней мере, одну строку, или ложь, если не возвращает ни одной строки (см. Подраздел 43.5.5).

Примечание

Можно предположить, что такой же результат получается непосредственно командой SELECT, но в настоящее время использование PERFORM является единственным способом. Команда SQL, которая может возвращать строки, например SELECT, будет отклонена с ошибкой, если не имеет предложения INTO, как описано в следующем разделе.

Пример:

```
PERFORM create_mv('cs_session_page_requests_mv', my_query);
```

43.5.3. Выполнение запроса, возвращающего одну строку

Результат SQL-команды, возвращающей одну строку (возможно из нескольких столбцов), может быть присвоен переменной типа record, переменной строкового типа или списку скалярных переменных. Для этого нужно к основной команде SQL добавить предложение INTO. Так, например:

```
SELECT выражения_select INTO [STRICT] цель FROM ...;
INSERT ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
UPDATE ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
DELETE ... RETURNING выражения INTO [STRICT] цель;
```

где *цель* может быть переменной типа record, строковой переменной или разделённым запятыми списком скалярных переменных, полей записи/строки. Переменные PL/pgSQL подставляются

в оставшуюся часть запроса, план выполнения кешируется, так же, как было описано выше для команд, не возвращающих строки. Это работает для команд `SELECT`, `INSERT/UPDATE/DELETE` с предложением `RETURNING` и утилит, возвращающих результат в виде набора строк (таких, как `EXPLAIN`). За исключением предложения `INTO`, это те же SQL-команды, как их можно написать вне PL/pgSQL.

Подсказка

Обратите внимание, что данная интерпретация `SELECT` с `INTO` полностью отличается от PostgreSQL команды `SELECT INTO`, где в `INTO` указывается вновь создаваемая таблица. Если вы хотите в функции на PL/pgSQL создать таблицу, основанную на результате команды `SELECT`, используйте синтаксис `CREATE TABLE ... AS SELECT`.

Если результат запроса присваивается переменной строкового типа или списку переменных, то они должны в точности соответствовать по количеству и типам данных столбцам результата, иначе произойдёт ошибка во время выполнения. Если используется переменная типа `record`, то она автоматически приводится к строковому типу результата запроса.

Предложение `INTO` может появиться практически в любом месте SQL-команды. Обычно его записывают непосредственно перед или сразу после списка *выражения_select* в `SELECT` или в конце команды для команд других типов. Рекомендуется следовать этому соглашению на случай, если правила разбора PL/pgSQL ужесточатся в будущих версиях.

Если указание `STRICT` отсутствует в предложении `INTO`, то *цели* присваивается первая строка, возвращённая запросом; или `NULL`, если запрос не вернул строк. (Заметим, что понятие «первая строка» определяется неоднозначно без `ORDER BY`.) Все остальные строки результата после первой отбрасываются. Можно проверить специальную переменную `FOUND` (см. Подраздел 43.5.5), чтобы определить, была ли возвращена запись:

```
SELECT * INTO myrec FROM emp WHERE empname = myname;
IF NOT FOUND THEN
    RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % не найден', myname;
END IF;
```

Если добавлено указание `STRICT`, то запрос должен вернуть ровно одну строку или произойдёт ошибка во время выполнения: либо `NO_DATA_FOUND` (нет строк), либо `TOO_MANY_ROWS` (более одной строки). Можно использовать секцию исключений в блоке для обработки ошибок, например:

```
BEGIN
    SELECT * INTO STRICT myrec FROM emp WHERE empname = myname;
EXCEPTION
    WHEN NO_DATA_FOUND THEN
        RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % не найден', myname;
    WHEN TOO_MANY_ROWS THEN
        RAISE EXCEPTION 'Сотрудник % уже существует', myname;
END;
```

После успешного выполнения команды с указанием `STRICT`, значение переменной `FOUND` всегда устанавливается в истину.

Для `INSERT/UPDATE/DELETE` с `RETURNING`, PL/pgSQL возвращает ошибку, если выбрано более одной строки, даже в том случае, когда указание `STRICT` отсутствует. Так происходит потому, что у этих команд нет возможности, типа `ORDER BY`, указать какая из задействованных строк должна быть возвращена.

Если для функции включён режим `print_strict_params`, то при возникновении ошибки, связанной с нарушением условия `STRICT`, в детальную (`DETAIL`) часть сообщения об ошибке будет включена информация о параметрах, переданных запросу. Изменить значение `print_strict_params` можно установкой параметра `plpgsql.print_strict_params`. Но это повлияет только на функции, ском-

пилированные после изменения. Для конкретной функции можно использовать указание компилятора, например:

```
CREATE FUNCTION get_userid(username text) RETURNS int
AS $$
#print_strict_params on
DECLARE
    userid int;
BEGIN
    SELECT users.userid INTO STRICT userid
        FROM users WHERE users.username = get_userid.username;
    RETURN userid;
END
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В случае сбоя будет сформировано примерно такое сообщение об ошибке

```
ERROR:  query returned no rows
DETAIL:  parameters: $1 = 'nosuchuser'
CONTEXT:  PL/pgSQL function get_userid(text) line 6 at SQL statement
```

Примечание

С указанием `STRICT` поведение `SELECT INTO` и связанных операторов соответствует принятому в Oracle PL/SQL.

Как действовать в случаях, когда требуется обработать несколько строк результата, описано в Подразделе 43.6.6.

43.5.4. Выполнение динамически формируемых команд

Часто требуется динамически формировать команды внутри функций на PL/pgSQL, то есть такие команды, в которых при каждом выполнении могут использоваться разные таблицы или типы данных. Обычно PL/pgSQL кеширует планы выполнения (как описано в Подразделе 43.11.2), но в случае с динамическими командами это не будет работать. Для исполнения динамических команд предусмотрен оператор `EXECUTE`:

```
EXECUTE строка-команды [ INTO [STRICT] цель ] [ USING выражение [, ... ] ];
```

где *строка-команды* это выражение, формирующее строку (типа `text`) с текстом команды, которую нужно выполнить. Необязательная *цель* — это переменная-запись, переменная-кортеж или разделённый запятыми список простых переменных и полей записи/кортежа, куда будут помещены результаты команды. Необязательные выражения в `USING` формируют значения, которые будут вставлены в команду.

В сформированном тексте команды замена имён переменных PL/pgSQL на их значения проводиться не будет. Все необходимые значения переменных должны быть вставлены в командную строку при её построении, либо нужно использовать параметры, как описано ниже.

Также, нет никакого плана кеширования для команд, выполняемых с помощью `EXECUTE`. Вместо этого план создаётся каждый раз при выполнении. Таким образом, строка команды может динамически создаваться внутри функции для выполнения действий с различными таблицами и столбцами.

Предложение `INTO` указывает, куда должны быть помещены результаты SQL-команды, возвращающей строки. Если используется переменная строкового типа или список переменных, то они должны в точности соответствовать структуре результата запроса (когда используется переменная типа `record`, она автоматически приводится к строковому типу результата запроса). Если возвращается несколько строк, то только первая будет присвоена переменной(ым) в `INTO`. Если не возвра-

щается ни одной строки, то присваивается NULL. Без предложения INTO результаты запроса отбрасываются.

С указанием STRICT запрос должен вернуть ровно одну строку, иначе выдаётся сообщение об ошибке.

В тексте команды можно использовать значения параметров, ссылки на параметры обозначаются как \$1, \$2 и т. д. Эти символы указывают на значения, находящиеся в предложении USING. Такой метод зачастую предпочтительнее, чем вставка значений в команду в виде текста: он позволяет исключить во время исполнения дополнительные расходы на преобразования значений в текст и обратно, и не открывает возможности для SQL-инъекций, не требуя применять экранирование или кавычки для спецсимволов. Пример:

```
EXECUTE 'SELECT count(*) FROM mytable WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2'
      INTO c
      USING checked_user, checked_date;
```

Обратите внимание, что символы параметров можно использовать только вместо значений данных. Если же требуется динамически формировать имена таблиц или столбцов, их необходимо вставлять в виде текста. Например, если в предыдущем запросе необходимо динамически задавать имя таблицы, можно сделать следующее:

```
EXECUTE 'SELECT count(*) FROM '
      || quote_ident(tabname)
      || ' WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2'
      INTO c
      USING checked_user, checked_date;
```

В качестве более аккуратного решения, вместо имени таблиц или столбцов можно использовать указание формата %I с функцией format() (текст, разделённый символами новой строки, соединяется вместе):

```
EXECUTE format('SELECT count(*) FROM %I '
      'WHERE inserted_by = $1 AND inserted <= $2', tabname)
      INTO c
      USING checked_user, checked_date;
```

Ещё одно ограничение состоит в том, что символы параметров могут использоваться только в командах SELECT, INSERT, UPDATE и DELETE. В операторы других типов (обычно называемые служебными) значения нужно вставлять в текстовом виде, даже если это просто значения данных.

Команда EXECUTE с неизменяемым текстом и параметрами USING (как в первом примере выше), функционально эквивалентна команде, записанной напрямую в PL/pgSQL, в которой переменные PL/pgSQL автоматически заменяются значениями. Важное отличие в том, что EXECUTE при каждом исполнении заново строит план команды с учётом текущих значений параметров, тогда как PL/pgSQL строит общий план выполнения и кеширует его при повторном использовании. В тех случаях, когда наилучший план выполнения сильно зависит от значений параметров, может быть полезно использовать EXECUTE для гарантии того, что не будет выбран общий план.

В настоящее время команда SELECT INTO не поддерживается в EXECUTE, вместо этого нужно выполнять обычный SELECT и указать INTO для самой команды EXECUTE.

Примечание

Оператор EXECUTE в PL/pgSQL не имеет отношения к одноимённому SQL-оператору сервера PostgreSQL. Серверный EXECUTE не может напрямую использоваться в функциях на PL/pgSQL (и в этом нет необходимости).

Пример 43.1. Использование кавычек в динамических запросах

При работе с динамическими командами часто приходится иметь дело с экранированием одинарных кавычек. Рекомендующим методом для взятия текста в кавычки в теле функции является экранирование знаками доллара. (Если имеется унаследованный код, не использующий этот метод, пожалуйста, обратитесь к обзору в Подразделе 43.12.1, это поможет сэкономить усилия при переводе кода к более приемлемому виду.)

Динамические значения требуют особого внимания, так как они могут содержать апострофы. Например, можно использовать функцию `format()` (предполагается, что тело функции заключается в доллары, так что апострофы дублировать не нужно):

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = $1 '
              'WHERE key = $2', colname) USING newvalue, keyvalue;
```

Также можно напрямую вызывать функции заключения в кавычки:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
        || quote_ident(colname)
        || ' = '
        || quote_literal(newvalue)
        || ' WHERE key = '
        || quote_literal(keyvalue);
```

Этот пример демонстрирует использование функций `quote_ident` и `quote_literal` (см. Раздел 9.4). Для надёжности, выражения, содержащие идентификаторы столбцов и таблиц должны использовать функцию `quote_ident` при добавлении в текст запроса. А для выражений со значениями, которые должны быть обычными строками, используется функция `quote_literal`. Эти функции выполняют соответствующие шаги, чтобы вернуть текст, по ситуации заключённый в двойные или одинарные кавычки и с правильно экранированными специальными символами.

Так как функция `quote_literal` помечена как `STRICT`, то она всегда возвращает `NULL`, если переданный ей аргумент имеет значение `NULL`. В приведённом выше примере, если `newvalue` или `keyvalue` были `NULL`, вся строка с текстом запроса станет `NULL`, что приведёт к ошибке в `EXECUTE`. Для предотвращения этой проблемы используйте функцию `quote_nullable`, которая работает так же, как `quote_literal` за исключением того, что при вызове с пустым аргументом возвращает строку `'NULL'`. Например:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
        || quote_ident(colname)
        || ' = '
        || quote_nullable(newvalue)
        || ' WHERE key = '
        || quote_nullable(keyvalue);
```

Если вы имеете дело со значениями, которые могут быть пустыми, то, как правило, нужно использовать `quote_nullable` вместо `quote_literal`.

Как обычно, необходимо убедиться, что значения `NULL` в запросе не принесут неожиданных результатов. Например, следующее условие `WHERE`

```
'WHERE key = ' || quote_nullable(keyvalue)
```

никогда не выполнится, если `keyvalue` — `NULL`, так как применение `=` с операндом, имеющим значение `NULL`, всегда даёт `NULL`. Если требуется, чтобы `NULL` обрабатывалось как обычное значение, то условие выше нужно переписать так:

```
'WHERE key IS NOT DISTINCT FROM ' || quote_nullable(keyvalue)
```

(В настоящее время `IS NOT DISTINCT FROM` работает менее эффективно, чем `=`, так что используйте этот способ, только если это действительно необходимо. Подробнее особенности `NULL` и `IS DISTINCT` описаны в Разделе 9.2.)

Обратите внимание, что использование знака `$` полезно только для взятия в кавычки фиксированного текста. Плохая идея написать этот пример так:

```
EXECUTE 'UPDATE tbl SET '
      || quote_ident(colname)
      || ' = $$'
      || newvalue
      || '$$ WHERE key = '
      || quote_literal(keyvalue);
```

потому что `newvalue` может также содержать `$$`. Эта же проблема может возникнуть и с любым другим разделителем, используемым после знака `$`. Поэтому, чтобы безопасно заключить заранее неизвестный текст в кавычки, *нужно* использовать соответствующие функции: `quote_literal`, `quote_nullable`, или `quote_ident`.

Динамические операторы SQL также можно безопасно сформировать, используя функцию `format` (см. Раздел 9.4). Например:

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = %L '
      'WHERE key = %L', colname, newvalue, keyvalue);
```

Указание `%I` равнозначно вызову `quote_ident`, а `%L` — вызову `quote_nullable`. Функция `format` может применяться в сочетании с предложением `USING`:

```
EXECUTE format('UPDATE tbl SET %I = $1 WHERE key = $2', colname)
      USING newvalue, keyvalue;
```

Эта форма лучше, так как с ней переменные обрабатываются в их собственном формате данных, а не преобразуются безусловно в текст, чтобы затем выводиться с использованием `%L`. Она также и более эффективна.

Более объёмный пример использования динамической команды и `EXECUTE` можно увидеть в Примере 43.10. В нём создаётся и динамически выполняется команда `CREATE FUNCTION` для определения новой функции.

43.5.5. Статус выполнения команды

Определить результат команды можно несколькими способами. Во-первых, можно воспользоваться командой `GET DIAGNOSTICS`, имеющей форму:

```
GET [ CURRENT ] DIAGNOSTICS переменная { = | := } элемент [ , ... ];
```

Эта команда позволяет получить системные индикаторы состояния. Слово `CURRENT` не несёт смысловой нагрузки (но см. также описание `GET STACKED DIAGNOSTICS` в Подразделе 43.6.8.1). Каждый *элемент* представляется ключевым словом, указывающим, какое значение состояния нужно присвоить заданной *переменной* (она должна иметь подходящий тип данных, чтобы принять его). Доступные в настоящее время элементы состояния показаны в Таблице 43.1. Вместо принятого в стандарте SQL присваивания (=) можно применять присваивание с двоеточием (:=). Например:

```
GET DIAGNOSTICS integer_var = ROW_COUNT;
```

Таблица 43.1. Доступные элементы диагностики

Имя	Тип	Описание
ROW_COUNT	bigint	число строк, обработанных последней командой SQL
RESULT_OID	oid	OID последней строки, вставленной предыдущей командой SQL (полезен только после команды <code>INSERT</code> для таблицы, содержащей OID)
PG_CONTEXT	text	строки текста, описывающие текущий стек вызовов (см. Подраздел 43.6.9)

Второй способ определения статуса выполнения команды заключается в проверке значения специальной переменной `FOUND`, имеющей тип `boolean`. При вызове функции на PL/pgSQL, переменная `FOUND` инициализируется в ложь. Далее, значение переменной изменяется следующими операторами:

- `SELECT INTO` записывает в `FOUND` `true`, если строка присвоена, или `false`, если строки не были получены.
- `PERFORM` записывает в `FOUND` `true`, если строки выбраны (и отброшены) или `false`, если строки не выбраны.
- `UPDATE`, `INSERT` и `DELETE` записывают в `FOUND` `true`, если при их выполнении была задействована хотя бы одна строка, или `false`, если ни одна строка не была задействована.
- `FETCH` записывают в `FOUND` `true`, если команда вернула строку, или `false`, если строка не выбрана.
- `MOVE` записывают в `FOUND` `true` при успешном перемещении курсора, в противном случае — `false`.
- `FOR`, как и `FOREACH`, записывает в `FOUND` `true`, если была произведена хотя бы одна итерация цикла, в противном случае — `false`. При этом значение `FOUND` будет установлено только после выхода из цикла. Пока цикл выполняется, оператор цикла не изменяет значение переменной. Но другие операторы внутри цикла могут менять значение `FOUND`.
- `RETURN QUERY` и `RETURN QUERY EXECUTE` записывают в `FOUND` `true`, если запрос вернул хотя бы одну строку, или `false`, если строки не выбраны.

Другие операторы PL/pgSQL не меняют значение `FOUND`. Помните в частности, что `EXECUTE` изменяет вывод `GET DIAGNOSTICS`, но не меняет `FOUND`.

`FOUND` является локальной переменной в каждой функции PL/pgSQL и любые её изменения, влияют только на текущую функцию.

43.5.6. Не делать ничего

Иногда бывает полезен оператор, который не делает ничего. Например, он может показывать, что одна из ветвей `if/then/else` сознательно оставлена пустой. Для этих целей используется `NULL`:

```
NULL;
```

В следующем примере два фрагмента кода эквивалентны:

```
BEGIN
    y := x / 0;
EXCEPTION
    WHEN division_by_zero THEN
        NULL; -- ошибка игнорируется
END;

BEGIN
    y := x / 0;
EXCEPTION
    WHEN division_by_zero THEN -- ошибка игнорируется
END;
```

Какой вариант выбрать — дело вкуса.

Примечание

В Oracle PL/SQL не допускаются пустые списки операторов, поэтому `NULL` *обязателен* в подобных ситуациях. В PL/pgSQL разрешается не писать ничего.

43.6. Управляющие структуры

Управляющие структуры, вероятно, наиболее полезная и важная часть PL/pgSQL. С их помощью можно очень гибко и эффективно манипулировать данными PostgreSQL.

43.6.1. Команды для возврата значения из функции

Две команды позволяют вернуть данные из функции: `RETURN` и `RETURN NEXT`.

43.6.1.1. RETURN

`RETURN` *выражение*;

`RETURN` с последующим выражением прекращает выполнение функции и возвращает значение выражения в вызывающую программу. Эта форма используется для функций PL/pgSQL, которые не возвращают набор строк.

В функции, возвращающей скалярный тип, результирующее выражение автоматически приводится к типу возвращаемого значения. Однако, чтобы вернуть составной тип (строку), возвращаемое выражение должно в точности содержать требуемый набор столбцов. При этом может потребоваться явное приведение типов.

Для функции с выходными параметрами просто используйте `RETURN` без выражения. Будут возвращены текущие значения выходных параметров.

Для функции, возвращающей `void`, `RETURN` можно использовать в любом месте, но без выражения после `RETURN`.

Возвращаемое значение функции не может остаться не определённым. Если достигнут конец блока верхнего уровня, а оператор `RETURN` так и не встретился, происходит ошибка времени исполнения. Это не касается функций с выходными параметрами и функций, возвращающих `void`. Для них оператор `RETURN` выполняется автоматически по окончании блока верхнего уровня.

Несколько примеров:

```
-- Функции, возвращающие скалярный тип данных
RETURN 1 + 2;
RETURN scalar_var;

-- Функции, возвращающие составной тип данных
RETURN composite_type_var;
RETURN (1, 2, 'three'::text); -- требуется приведение типов
```

43.6.1.2. RETURN NEXT и RETURN QUERY

`RETURN NEXT` *выражение*;
`RETURN QUERY` *запрос*;
`RETURN QUERY EXECUTE` *строка-команды* [`USING` *выражение* [, ...]];

Для функций на PL/pgSQL, возвращающих `SETOF` *некий_тип*, нужно действовать несколько по-иному. Отдельные элементы возвращаемого значения формируются командами `RETURN NEXT` или `RETURN QUERY`, а финальная команда `RETURN` без аргументов завершает выполнение функции. `RETURN NEXT` используется как со скалярными, так и с составными типами данных. Для составного типа результат функции возвращается в виде таблицы. `RETURN QUERY` добавляет результат выполнения запроса к результату функции. `RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` можно свободно смешивать в теле функции, в этом случае их результаты будут объединены.

`RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` не выполняют возврат из функции. Они просто добавляют строки в результирующее множество. Затем выполнение продолжается со следующего оператора в функции. Успешное выполнение `RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` формирует множество строк результата.

Для выхода из функции используется `RETURN`, обязательно без аргументов (или можно просто дождаться окончания выполнения функции).

`RETURN QUERY` имеет разновидность `RETURN QUERY EXECUTE`, предназначенную для динамического выполнения запроса. В текст запроса можно добавить параметры, используя `USING`, также как и с командой `EXECUTE`.

Для функции с выходными параметрами просто используйте `RETURN NEXT` без аргументов. При каждом исполнении `RETURN NEXT` текущие значения выходных параметров сохраняются для последующего возврата в качестве строки результата. Обратите внимание, что если функция с выходными параметрами должна возвращать множество значений, то при объявлении нужно указывать `RETURNS SETOF`. При этом если выходных параметров несколько, то используется `RETURNS SETOF record`, а если только один с типом *некий_тип*, то `RETURNS SETOF некий_тип`.

Пример использования `RETURN NEXT`:

```
CREATE TABLE foo (fooid INT, foosubid INT, fooname TEXT);
INSERT INTO foo VALUES (1, 2, 'three');
INSERT INTO foo VALUES (4, 5, 'six');

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_all_foo() RETURNS SETOF foo AS
$BODY$
DECLARE
    r foo%rowtype;
BEGIN
    FOR r IN
        SELECT * FROM foo WHERE fooid > 0
    LOOP
        -- здесь возможна обработка данных
        RETURN NEXT r; -- возвращается текущая строка запроса
    END LOOP;
    RETURN;
END
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;

SELECT * FROM get_all_foo();
```

Пример использования `RETURN QUERY`:

```
CREATE FUNCTION get_available_flightid(date) RETURNS SETOF integer AS
$BODY$
BEGIN
    RETURN QUERY SELECT flightid
                  FROM flight
                  WHERE flightdate >= $1
                     AND flightdate < ($1 + 1);

    -- Так как выполнение ещё не закончено, можно проверить, были ли возвращены строки,
    -- и если нет, выдать исключение.
    IF NOT FOUND THEN
        RAISE EXCEPTION 'Нет рейсов на дату: %.', $1;
    END IF;

    RETURN;
END
$BODY$
LANGUAGE plpgsql;
```

```
-- Возвращает доступные рейсы либо вызывает исключение, если таковых нет.  
SELECT * FROM get_available_flightid(CURRENT_DATE);
```

Примечание

В текущей реализации `RETURN NEXT` и `RETURN QUERY` результирующее множество накапливается целиком, прежде чем будет возвращено из функции. Если множество очень большое, то это может отрицательно сказаться на производительности, так как при нехватке оперативной памяти данные записываются на диск. В следующих версиях PL/pgSQL это ограничение будет снято. В настоящее время управлять количеством оперативной памяти в подобных случаях можно параметром конфигурации `work_mem`. При наличии свободной памяти администраторы должны рассмотреть возможность увеличения значения данного параметра.

43.6.2. Завершение процедуры

Процедура не возвращает никакого значения, поэтому она может завершаться без оператора `RETURN`. Если вы хотите досрочно завершить выполнение кода оператором `RETURN`, напишите просто `RETURN` без возвращаемого выражения.

Если у процедуры есть выходные параметры, конечные значения соответствующих им переменных будут выданы вызывающему коду.

43.6.3. Вызов процедуры

Функция, процедура или блок `DO` в PL/pgSQL может вызвать процедуру, используя оператор `CALL`. Выходные параметры при этом обрабатываются не так, как это делает `CALL` в обычном SQL. Каждому параметру `INOUT` для процедуры должна соответствовать переменная в операторе `CALL`, и этой переменной по завершении процедуры будет присвоено возвращаемое процедурой значение. Например:

```
CREATE PROCEDURE triple(INOUT x int)  
LANGUAGE plpgsql  
AS $$  
BEGIN  
    x := x * 3;  
END;  
$$;  
  
DO $$  
DECLARE myvar int := 5;  
BEGIN  
    CALL triple(myvar);  
    RAISE NOTICE 'myvar = %', myvar; -- выводится 15  
END  
$$;
```

43.6.4. Условные операторы

Операторы `IF` и `CASE` позволяют выполнять команды в зависимости от определённых условий. PL/pgSQL поддерживает три формы `IF`:

- `IF ... THEN ... END IF`
- `IF ... THEN ... ELSE ... END IF`
- `IF ... THEN ... ELSIF ... THEN ... ELSE ... END IF`

и две формы `CASE`:

- `CASE ... WHEN ... THEN ... ELSE ... END CASE`

- CASE WHEN ... THEN ... ELSE ... END CASE

43.6.4.1. IF-THEN

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
END IF;
```

IF-THEN это простейшая форма IF. Операторы между THEN и END IF выполняются, если условие (*логическое-выражение*) истинно. В противном случае они опускаются.

Пример:

```
IF v_user_id <> 0 THEN
    UPDATE users SET email = v_email WHERE user_id = v_user_id;
END IF;
```

43.6.4.2. IF-THEN-ELSE

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
ELSE
    операторы
END IF;
```

IF-THEN-ELSE добавляет к IF-THEN возможность указать альтернативный набор операторов, которые будут выполнены, если условие не истинно (в том числе, если условие NULL).

Примеры:

```
IF parentid IS NULL OR parentid = ''
THEN
    RETURN fullname;
ELSE
    RETURN hp_true_filename(parentid) || '/' || fullname;
END IF;

IF v_count > 0 THEN
    INSERT INTO users_count (count) VALUES (v_count);
    RETURN 't';
ELSE
    RETURN 'f';
END IF;
```

43.6.4.3. IF-THEN-ELSIF

```
IF логическое-выражение THEN
    операторы
[ELSIF логическое-выражение THEN операторы [ELSIF логическое-выражение THEN операторы
...]]
[ELSE операторы]
END IF;
```

В некоторых случаях двух альтернатив недостаточно. IF-THEN-ELSIF обеспечивает удобный способ проверки нескольких вариантов по очереди. Условия в IF последовательно проверяются до тех пор, пока не будет найдено первое истинное. После этого операторы, относящиеся к этому условию, выполняются, и управление переходит к следующей после END IF команде. (Все последующие условия не проверяются.) Если ни одно из условий IF не является истинным, то выполняется блок ELSE (если присутствует).

Пример:

```
IF number = 0 THEN
    result := 'zero';
```

```
ELSIF number > 0 THEN
    result := 'positive';
ELSIF number < 0 THEN
    result := 'negative';
ELSE
    -- остаётся только один вариант: number имеет значение NULL
    result := 'NULL';
END IF;
```

Вместо ключевого слова ELSIF можно использовать ELSEIF.

Другой вариант сделать то же самое, это использование вложенных операторов IF-THEN-ELSE, как в следующем примере:

```
IF demo_row.sex = 'm' THEN
    pretty_sex := 'man';
ELSE
    IF demo_row.sex = 'f' THEN
        pretty_sex := 'woman';
    END IF;
END IF;
```

Однако это требует написания соответствующих END IF для каждого IF, что при наличии нескольких альтернатив делает код более громоздким, чем использование ELSIF.

43.6.4.4. Простой CASE

```
CASE выражение-поиска
    WHEN выражение [, выражение [...]] THEN
        операторы
    [WHEN выражение [, выражение [...]] THEN операторы ...]
    [ELSE операторы]
END CASE;
```

Простая форма CASE реализует условное выполнение на основе сравнения операндов. *Выражение-поиска* вычисляется (один раз) и последовательно сравнивается с каждым *выражением* в условиях WHEN. Если совпадение найдено, то выполняются соответствующие *операторы* и управление переходит к следующей после END CASE команде. (Все последующие выражения WHEN не проверяются.) Если совпадение не было найдено, то выполняются *операторы* в ELSE. Но если ELSE нет, то вызывается исключение CASE_NOT_FOUND.

Пример:

```
CASE x
    WHEN 1, 2 THEN
        msg := 'один или два';
    ELSE
        msg := 'значение, отличное от один или два';
END CASE;
```

43.6.4.5. CASE с перебором условий

```
CASE
    WHEN логическое-выражение THEN
        операторы
    [WHEN логическое-выражение THEN операторы ...]
    [ELSE операторы]
END CASE;
```

Эта форма CASE реализует условное выполнение, основываясь на истинности логических условий. Каждое *логическое-выражение* в предложении WHEN вычисляется по порядку до тех пор, пока не

будет найдено истинное. Затем выполняются соответствующие *операторы* и управление переходит к следующей после `END CASE` команде. (Все последующие выражения `WHEN` не проверяются.) Если ни одно из условий не окажется истинным, то выполняются *операторы* в `ELSE`. Но если `ELSE` нет, то вызывается исключение `CASE_NOT_FOUND`.

Пример:

```
CASE
  WHEN x BETWEEN 0 AND 10 THEN
    msg := 'значение в диапазоне между 0 и 10';
  WHEN x BETWEEN 11 AND 20 THEN
    msg := 'значение в диапазоне между 11 и 20';
END CASE;
```

Эта форма `CASE` полностью эквивалентна `IF-THEN-ELSIF`, за исключением того, что при невыполнении всех условий и отсутствии `ELSE`, `IF-THEN-ELSIF` ничего не делает, а `CASE` вызывает ошибку.

43.6.5. Простые циклы

Операторы `LOOP`, `EXIT`, `CONTINUE`, `WHILE`, `FOR` и `FOREACH` позволяют повторить серию команд в функции на PL/pgSQL.

43.6.5.1. LOOP

```
[<<метка>>]
LOOP
  операторы
END LOOP [ метка ];
```

`LOOP` организует безусловный цикл, который повторяется до бесконечности, пока не будет прекращён операторами `EXIT` или `RETURN`. Для вложенных циклов можно использовать *метку* в операторах `EXIT` и `CONTINUE`, чтобы указать, к какому циклу эти операторы относятся.

43.6.5.2. EXIT

```
EXIT [ метка ] [WHEN логическое-выражение];
```

Если *метка* не указана, то завершается самый внутренний цикл, далее выполняется оператор, следующий за `END LOOP`. Если *метка* указана, то она должна относиться к текущему или внешнему циклу, или это может быть метка блока. При этом в именованном цикле/блоке выполнение прекращается, а управление переходит к следующему оператору после соответствующего `END`.

При наличии `WHEN` цикл прекращается, только если *логическое-выражение* истинно. В противном случае управление переходит к оператору, следующему за `EXIT`.

`EXIT` можно использовать со всеми типами циклов, не только с безусловным.

Когда `EXIT` используется для выхода из блока, управление переходит к следующему оператору после окончания блока. Обратите внимание, что для выхода из блока нужно обязательно указывать *метку*. `EXIT` без *метки* не позволяет прекратить работу блока. (Это изменение по сравнению с версиями PostgreSQL до 8.4, в которых разрешалось использовать `EXIT` без *метки* для прекращения работы текущего блока.)

Примеры:

```
LOOP
  -- здесь производятся вычисления
  IF count > 0 THEN
    EXIT; -- выход из цикла
  END IF;
END LOOP;
```

```
LOOP
    -- здесь производятся вычисления
    EXIT WHEN count > 0; -- аналогично предыдущему примеру
END LOOP;

<<ablock>>
BEGIN
    -- здесь производятся вычисления
    IF stocks > 100000 THEN
        EXIT ablock; -- выход из блока BEGIN
    END IF;
    -- вычисления не будут выполнены, если stocks > 100000
END;
```

43.6.5.3. CONTINUE

```
CONTINUE [ метка ] [WHEN логическое-выражение];
```

Если *метка* не указана, то начинается следующая итерация самого внутреннего цикла. То есть все оставшиеся в цикле операторы пропускаются, и управление переходит к управляющему выражению цикла (если есть) для определения, нужна ли ещё одна итерация цикла. Если *метка* присутствует, то она указывает на метку цикла, выполнение которого будет продолжено.

При наличии *WHEN* следующая итерация цикла начинается только тогда, когда *логическое-выражение* истинно. В противном случае управление переходит к оператору, следующему за *CONTINUE*.

CONTINUE можно использовать со всеми типами циклов, не только с безусловным.

Примеры:

```
LOOP
    -- здесь производятся вычисления
    EXIT WHEN count > 100;
    CONTINUE WHEN count < 50;
    -- вычисления для count в диапазоне 50 .. 100
END LOOP;
```

43.6.5.4. WHILE

```
[<<метка>>]
WHILE логическое-выражение LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

WHILE выполняет серию команд до тех пор, пока истинно *логическое-выражение*. Выражение проверяется непосредственно перед каждым входом в тело цикла.

Пример:

```
WHILE amount_owed > 0 AND gift_certificate_balance > 0 LOOP
    -- здесь производятся вычисления
END LOOP;

WHILE NOT done LOOP
    -- здесь производятся вычисления
END LOOP;
```

43.6.5.5. FOR (целочисленный вариант)

```
[<<метка>>]
FOR имя IN [REVERSE] выражение .. выражение [BY выражение] LOOP
    операторы
```

```
END LOOP [ метка ];
```

В этой форме цикла FOR итерации выполняются по диапазону целых чисел. Переменная *имя* автоматически определяется с типом `integer` и существует только внутри цикла (если уже существует переменная с таким именем, то внутри цикла она будет игнорироваться). Выражения для нижней и верхней границы диапазона чисел вычисляются один раз при входе в цикл. Если не указано `BY`, то шаг итерации 1, в противном случае используется значение в `BY`, которое вычисляется, опять же, один раз при входе в цикл. Если указано `REVERSE`, то после каждой итерации величина шага вычитается, а не добавляется.

Примеры целочисленного FOR:

```
FOR i IN 1..10 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
END LOOP;
```

```
FOR i IN REVERSE 10..1 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 10,9,8,7,6,5,4,3,2,1
END LOOP;
```

```
FOR i IN REVERSE 10..1 BY 2 LOOP
    -- внутри цикла переменная i будет иметь значения 10,8,6,4,2
END LOOP;
```

Если нижняя граница цикла больше верхней границы (или меньше, в случае `REVERSE`), то тело цикла не выполняется вообще. При этом ошибка не возникает.

Если с циклом FOR связана *метка*, к целочисленной переменной цикла можно обращаться по имени, указывая эту *метку*.

43.6.6. Цикл по результатам запроса

Другой вариант FOR позволяет организовать цикл по результатам запроса. Синтаксис:

```
[ <<метка>> ]
FOR цель IN запрос LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Переменная *цель* может быть строковой переменной, переменной типа `record` или разделённым запятыми списком скалярных переменных. Переменной *цель* последовательно присваиваются строки результата запроса, и для каждой строки выполняется тело цикла. Пример:

```
CREATE FUNCTION cs_refresh_mviews() RETURNS integer AS $$
DECLARE
    mviews RECORD;
BEGIN
    RAISE NOTICE 'Refreshing materialized views...';

    FOR mviews IN SELECT * FROM cs_materialized_views ORDER BY sort_key LOOP

        -- Здесь "mviews" содержит одну запись из cs_materialized_views

        RAISE NOTICE 'Refreshing materialized view %s ...',
            quote_ident(mviews.mv_name);
        EXECUTE format('TRUNCATE TABLE %I', mviews.mv_name);
        EXECUTE format('INSERT INTO %I %s', mviews.mv_name, mviews.mv_query);
    END LOOP;

    RAISE NOTICE 'Done refreshing materialized views.';
    RETURN 1;
END;
```

```
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Если цикл завершается по команде EXIT, то последняя присвоенная строка доступна и после цикла.

В качестве *запроса* в этом типе оператора FOR может задаваться любая команда SQL, возвращающая строки. Чаще всего это SELECT, но также можно использовать и INSERT, UPDATE или DELETE с предложением RETURNING. Кроме того, возможно применение и некоторых служебных команд, например EXPLAIN.

Для переменных PL/pgSQL в тексте запроса выполняется подстановка значений, план запроса кешируется для возможного повторного использования, как подробно описано в Подразделе 43.11.1 и Подразделе 43.11.2.

Ещё одна разновидность этого типа цикла FOR-IN-EXECUTE:

```
[ <<метка>> ]
FOR цель IN EXECUTE выражение_проверки [ USING выражение [, ... ] ] LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Она похожа на предыдущую форму, за исключением того, что текст запроса указывается в виде строкового выражения. Текст запроса формируется и для него строится план выполнения при каждом входе в цикл. Это даёт программисту выбор между скоростью предварительно разобранного запроса и гибкостью динамического запроса, так же, как и в случае с обычным оператором EXECUTE. Как и в EXECUTE, значения параметров могут быть добавлены в команду с использованием USING.

Ещё один способ организовать цикл по результатам запроса это объявить курсор. Описание в Подразделе 43.7.4.

43.6.7. Цикл по элементам массива

Цикл FOREACH очень похож на FOR. Отличие в том, что вместо перебора строк SQL-запроса происходит перебор элементов массива. (В целом, FOREACH предназначен для перебора выражений составного типа. Варианты реализации цикла для работы с прочими составными выражениями помимо массивов могут быть добавлены в будущем.) Синтаксис цикла FOREACH:

```
[ <<метка>> ]
FOREACH цель [ SLICE число ] IN ARRAY выражение LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Без указания SLICE, или если SLICE равен 0, цикл выполняется по всем элементам массива, полученного из *выражения*. Переменной *цель* последовательно присваивается каждый элемент массива и для него выполняется тело цикла. Пример цикла по элементам целочисленного массива:

```
CREATE FUNCTION sum(int[]) RETURNS int8 AS $$
DECLARE
    s int8 := 0;
    x int;
BEGIN
    FOREACH x IN ARRAY $1
    LOOP
        s := s + x;
    END LOOP;
    RETURN s;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обход элементов проводится в том порядке, в котором они сохранялись, независимо от размерности массива. Как правило, *цель* это одиночная переменная, но может быть и списком переменных,

когда элементы массива имеют составной тип (записи). В этом случае переменным присваиваются значения из последовательных столбцов составного элемента массива.

При положительном значении `SLICE FOREACH` выполняет итерации по срезам массива, а не по отдельным элементам. Значение `SLICE` должно быть целым числом, не превышающим размерности массива. Переменная *цель* должна быть массивом, который получает последовательные срезы исходного массива, где размерность каждого среза задаётся значением `SLICE`. Пример цикла по одномерным срезам:

```
CREATE FUNCTION scan_rows(int[]) RETURNS void AS $$
DECLARE
    x int[];
BEGIN
    FOREACH x SLICE 1 IN ARRAY $1
    LOOP
        RAISE NOTICE 'row = %', x;
    END LOOP;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT scan_rows(ARRAY[[1,2,3],[4,5,6],[7,8,9],[10,11,12]]);

NOTICE:  row = {1,2,3}
NOTICE:  row = {4,5,6}
NOTICE:  row = {7,8,9}
NOTICE:  row = {10,11,12}
```

43.6.8. Обработка ошибок

По умолчанию любая возникающая ошибка прерывает выполнение функции на PL/pgSQL, а также транзакцию, относящуюся к этой функции. Использование в блоке секции `EXCEPTION` позволяет перехватывать и обрабатывать ошибки. Синтаксис секции `EXCEPTION` расширяет синтаксис обычного блока:

```
[ <<метка>> ]
[ DECLARE
    объявления ]
BEGIN
    операторы
EXCEPTION
    WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
        операторы_обработчика
    [ WHEN условие [ OR условие ... ] THEN
        операторы_обработчика
    ... ]
END;
```

Если ошибок не было, то выполняются все *операторы* блока и управление переходит к следующему оператору после `END`. Но если при выполнении *оператора* происходит ошибка, то дальнейшая обработка прекращается и управление переходит к списку исключений в секции `EXCEPTION`. В этом списке ищется первое исключение, условие которого соответствует ошибке. Если исключение найдено, то выполняются соответствующие *операторы_обработчика* и управление переходит к следующему оператору после `END`. Если исключение не найдено, то ошибка передаётся наружу, как будто секции `EXCEPTION` не было. При этом ошибку можно перехватить в секции `EXCEPTION` внешнего блока. Если ошибка так и не была перехвачена, то обработка функции прекращается.

В качестве *условия* может задаваться одно из имён, перечисленных в Приложении А. Если задаётся имя категории, ему соответствуют все ошибки в данной категории. Специальному имени условия `OTHERS` (другие) соответствуют все типы ошибок, кроме `QUERY_CANCELED` и `ASSERT_FAILURE`. (И эти два типа ошибок можно перехватить по имени, но часто это неразумно.) Имена условий вос-

принимаются без учёта регистра. Условие ошибки также можно задать кодом `SQLSTATE`; например, эти два варианта равнозначны:

```
WHEN division_by_zero THEN ...
WHEN SQLSTATE '22012' THEN ...
```

Если при выполнении операторов обработчика возникнет новая ошибка, то она не может быть перехвачена в этой секции `EXCEPTION`. Ошибка передаётся наружу и её можно перехватить в секции `EXCEPTION` внешнего блока.

При выполнении команд в секции `EXCEPTION` локальные переменные функции на PL/pgSQL сохраняют те значения, которые были на момент возникновения ошибки. Однако, будут отменены все изменения в базе данных, выполненные в блоке. В качестве примера рассмотрим следующий фрагмент:

```
INSERT INTO mytab(firstname, lastname) VALUES('Tom', 'Jones');
BEGIN
    UPDATE mytab SET firstname = 'Joe' WHERE lastname = 'Jones';
    x := x + 1;
    y := x / 0;
EXCEPTION
    WHEN division_by_zero THEN
        RAISE NOTICE 'перехватили ошибку division_by_zero';
        RETURN x;
END;
```

При присвоении значения переменной `y` произойдёт ошибка `division_by_zero`. Она будет перехвачена в секции `EXCEPTION`. Оператор `RETURN` вернёт значение `x`, увеличенное на единицу, но изменения сделанные командой `UPDATE` будут отменены. Изменения, выполненные командой `INSERT`, которая предшествует блоку, не будут отменены. В результате, база данных будет содержать Tom Jones, а не Joe Jones.

Подсказка

Наличие секции `EXCEPTION` значительно увеличивает накладные расходы на вход/выход из блока, поэтому не используйте `EXCEPTION` без надобности.

Пример 43.2. Обработка исключений для команд `UPDATE/INSERT`

В этом примере обработка исключений помогает выполнить либо команду `UPDATE`, либо `INSERT`, в зависимости от ситуации. Однако в современных приложениях вместо этого приёма рекомендуется использовать `INSERT` с `ON CONFLICT DO UPDATE`. Данный пример предназначен в первую очередь для демонстрации управления выполнением PL/pgSQL:

```
CREATE TABLE db (a INT PRIMARY KEY, b TEXT);

CREATE FUNCTION merge_db(key INT, data TEXT) RETURNS VOID AS
$$
BEGIN
    LOOP
        -- сначала попытаться изменить запись по ключу
        UPDATE db SET b = data WHERE a = key;
        IF found THEN
            RETURN;
        END IF;
        -- записи с таким ключом нет, поэтому её нужно добавить
        -- если параллельно будет вставлена запись с таким же ключом,
        -- произойдёт ошибка уникальности
    BEGIN
```

```

        INSERT INTO db(a,b) VALUES (key, data);
        RETURN;
    EXCEPTION WHEN unique_violation THEN
        -- здесь не нужно ничего делать,
        -- просто продолжить цикл, чтобы повторить UPDATE.
    END;
END LOOP;
END;
$$
LANGUAGE plpgsql;

SELECT merge_db(1, 'david');
SELECT merge_db(1, 'dennis');
```

В этом коде предполагается, что ошибка `unique_violation` вызывается самой командой `INSERT`, а не, скажем, внутренним оператором `INSERT` в функции триггера для этой таблицы. Некорректное поведение также возможно, если в таблице будет несколько уникальных индексов; тогда операция будет повторяться вне зависимости от того, нарушение какого индекса вызвало ошибку. Используя средства, рассмотренные далее, можно сделать код более надёжным, проверяя, что перехвачена именно ожидаемая ошибка.

43.6.8.1. Получение информации об ошибке

При обработке исключений часто бывает необходимым получить детальную информацию о произошедшей ошибке. Для этого в PL/pgSQL есть два способа: использование специальных переменных и команда `GET STACKED DIAGNOSTICS`.

Внутри секции `EXCEPTION` специальная переменная `SQLSTATE` содержит код ошибки, для которой было вызвано исключение (список возможных кодов ошибок приведён в Таблице А.1). Специальная переменная `SQLERRM` содержит сообщение об ошибке, связанное с исключением. Эти переменные являются неопределёнными вне секции `EXCEPTION`.

Также в обработчике исключения можно получить информацию о текущем исключении командой `GET STACKED DIAGNOSTICS`, которая имеет вид:

```
GET STACKED DIAGNOSTICS переменная { = | := } элемент [ , ... ];
```

Каждый *элемент* представляется ключевым словом, указывающим, какое значение состояния нужно присвоить заданной *переменной* (она должна иметь подходящий тип данных, чтобы принять его). Доступные в настоящее время элементы состояния показаны в Таблице 43.2.

Таблица 43.2. Элементы диагностики ошибок

Имя	Тип	Описание
RETURNED_SQLSTATE	text	код исключения, возвращаемый SQLSTATE
COLUMN_NAME	text	имя столбца, относящегося к исключению
CONSTRAINT_NAME	text	имя ограничения целостности, относящегося к исключению
PG_DATATYPE_NAME	text	имя типа данных, относящегося к исключению
MESSAGE_TEXT	text	текст основного сообщения исключения
TABLE_NAME	text	имя таблицы, относящейся к исключению
SCHEMA_NAME	text	имя схемы, относящейся к исключению

Имя	Тип	Описание
PG_EXCEPTION_DETAIL	text	текст детального сообщения исключения (если есть)
PG_EXCEPTION_HINT	text	текст подсказки к исключению (если есть)
PG_EXCEPTION_CONTEXT	text	строки текста, описывающие стек вызовов в момент исключения (см. Подраздел 43.6.9)

Если исключение не устанавливает значение для идентификатора, то возвращается пустая строка.

Пример:

```
DECLARE
    text_var1 text;
    text_var2 text;
    text_var3 text;
BEGIN
    -- здесь происходит обработка, которая может вызвать исключение
    ...
EXCEPTION WHEN OTHERS THEN
    GET STACKED DIAGNOSTICS text_var1 = MESSAGE_TEXT,
                           text_var2 = PG_EXCEPTION_DETAIL,
                           text_var3 = PG_EXCEPTION_HINT;
END;
```

43.6.9. Получение информации о месте выполнения

Команда `GET DIAGNOSTICS`, ранее описанная в Подразделе 43.5.5, получает информацию о текущем состоянии выполнения кода (тогда как команда `GET STACKED DIAGNOSTICS`, рассмотренная ранее, выдаёт информацию о состоянии выполнения в момент предыдущей ошибки). Её элемент состояния `PG_CONTEXT` позволяет определить текущее место выполнения кода. `PG_CONTEXT` возвращает текст с несколькими строками, описывающий стек вызова. В первой строке отмечается текущая функция и выполняемая в данный момент команда `GET DIAGNOSTICS`, а во второй и последующих строках отмечаются функции выше по стеку вызовов. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION outer_func() RETURNS integer AS $$
BEGIN
    RETURN inner_func();
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE OR REPLACE FUNCTION inner_func() RETURNS integer AS $$
DECLARE
    stack text;
BEGIN
    GET DIAGNOSTICS stack = PG_CONTEXT;
    RAISE NOTICE E'--- Стек вызова ---\n%', stack;
    RETURN 1;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

SELECT outer_func();

NOTICE: --- Стек вызова ---
PL/pgSQL function inner_func() line 5 at GET DIAGNOSTICS
PL/pgSQL function outer_func() line 3 at RETURN
CONTEXT: PL/pgSQL function outer_func() line 3 at RETURN
```



```
outer_func
-----
          1
(1 row)
```

GET STACKED DIAGNOSTICS ... PG_EXCEPTION_CONTEXT возвращает похожий стек вызовов, но описывает не текущее место, а место, в котором произошла ошибка.

43.7. Курсоры

Вместо того чтобы сразу выполнять весь запрос, есть возможность настроить курсор, инкапсулирующий запрос, и затем получать результат запроса по несколько строк за раз. Одна из причин так делать заключается в том, чтобы избежать переполнения памяти, когда результат содержит большое количество строк. (Пользователям PL/pgSQL не нужно об этом беспокоиться, так как циклы FOR автоматически используют курсоры, чтобы избежать проблем с памятью.) Более интересным вариантом использования является возврат из функции ссылки на курсор, что позволяет вызывающему получать строки запроса. Это эффективный способ получать большие наборы строк из функций.

43.7.1. Объявление курсорных переменных

Доступ к курсорам в PL/pgSQL осуществляется через курсорные переменные, которые всегда имеют специальный тип данных `refcursor`. Один из способов создать курсорную переменную, просто объявить её как переменную типа `refcursor`. Другой способ заключается в использовании синтаксиса объявления курсора, который в общем виде выглядит так:

```
имя [ [ NO ] SCROLL ] CURSOR [ ( аргументы ) ] FOR запрос;
```

(Для совместимости с Oracle, FOR можно заменять на IS.) С указанием SCROLL курсор можно будет прокручивать назад. При NO SCROLL прокрутка назад не разрешается. Если ничего не указано, то возможность прокрутки назад зависит от запроса. Если указаны *аргументы*, то они должны представлять собой пары *имя тип_данных*, разделённые через запятую. Эти пары определяют имена, которые будут заменены значениями параметров в данном запросе. Фактические значения для замены этих имён появятся позже, при открытии курсора.

Примеры:

```
DECLARE
    curs1 refcursor;
    curs2 CURSOR FOR SELECT * FROM tenk1;
    curs3 CURSOR (key integer) FOR SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = key;
```

Все три переменные имеют тип данных `refcursor`. Первая может быть использована с любым запросом, вторая связана (*bound*) с полностью сформированным запросом, а последняя связана с параметризованным запросом. (*key* будет заменён целочисленным значением параметра при открытии курсора.) Про переменную `curs1` говорят, что она является несвязанной (*unbound*), так как к ней не привязан никакой запрос.

43.7.2. Открытие курсора

Прежде чем получать строки из курсора, его нужно открыть. (Это эквивалентно действию SQL-команды `DECLARE CURSOR`.) В PL/pgSQL есть три формы оператора `OPEN`, две из которых используются для несвязанных курсорных переменных, а третья для связанных.

Примечание

Связанные курсорные переменные можно использовать с циклом FOR без явного открытия курсора, как описано в Подразделе 43.7.4.

43.7.2.1. OPEN FOR запрос

```
OPEN несвязанная_переменная_курсора [[NO] SCROLL] FOR запрос;
```

Курсорная переменная открывается и получает конкретный запрос для выполнения. Курсор не может уже быть открытым, а курсорная переменная обязана быть несвязанной (то есть просто переменной типа `refcursor`). Запрос должен быть командой `SELECT` или любой другой, которая возвращает строки (к примеру `EXPLAIN`). Запрос обрабатывается так же, как и другие команды SQL в PL/pgSQL: имена переменных PL/pgSQL заменяются на значения, план запроса кешируется для повторного использования. Подстановка значений переменных PL/pgSQL проводится при открытии курсора командой `OPEN`, последующие изменения значений переменных не влияют на работу курсора. `SCROLL` и `NO SCROLL` имеют тот же смысл, что и для связанного курсора.

Пример:

```
OPEN curs1 FOR SELECT * FROM foo WHERE key = mykey;
```

43.7.2.2. OPEN FOR EXECUTE

```
OPEN несвязанная_переменная_курсора [[NO] SCROLL] FOR EXECUTE строка_запроса  
[USING выражение [, ...]];
```

Переменная курсора открывается и получает конкретный запрос для выполнения. Курсор не может быть уже открыт и он должен быть объявлен как несвязанная переменная курсора (то есть, как просто переменная `refcursor`). Запрос задаётся строковым выражением, так же, как в команде `EXECUTE`. Как обычно, это даёт возможность гибко менять план запроса от раза к разу (см. Подраздел 43.11.2). Это также означает, что замена переменных происходит не в самой строке команды. Как и с `EXECUTE`, значения параметров вставляются в динамическую команду, используя `format()` и `USING`. Параметры `SCROLL` и `NO SCROLL` здесь действуют так же, как и со связанным курсором.

Пример:

```
OPEN curs1 FOR EXECUTE format('SELECT * FROM %I WHERE col1 = $1', tabname) USING  
keyvalue;
```

В этом примере в текст запроса вставляется имя таблицы с применением `format()`. Значение, сравниваемое с `col1`, вставляется посредством параметра `USING`, так что заключать его в апострофы не нужно.

43.7.2.3. Открытие связанного курсора

```
OPEN связанная_переменная_курсора [( [имя_аргумента :=] значение_аргумента [, ...] )];
```

Эта форма `OPEN` используется для открытия курсорной переменной, которая была связана с запросом при объявлении. Курсор не может уже быть открытым. Список фактических значений аргументов должен присутствовать только в том случае, если курсор объявлялся с параметрами. Эти значения будут подставлены в запрос.

План запроса для связанного курсора всегда считается кешируемым. В этом случае, нет эквивалента `EXECUTE`. Обратите внимание, что `SCROLL` и `NO SCROLL` не могут быть указаны в этой форме `OPEN`, возможность прокрутки назад была определена при объявлении курсора.

При передаче значений аргументов можно использовать позиционную или именную нотацию. В позиционной нотации все аргументы указываются по порядку. В именной нотации имя каждого аргумента отделяется от выражения аргумента с помощью `:=`. Это подобно вызову функций, описанному в Разделе 4.3. Также разрешается смешивать позиционную и именную нотации.

Примеры (здесь используются ранее объявленные курсоры):

```
OPEN curs2;  
OPEN curs3(42);  
OPEN curs3(key := 42);
```

Так как для связанного курсора выполняется подстановка значений переменных, то, на самом деле, существует два способа передать значения в курсор. Либо использовать явные аргументы в `OPEN`, либо неявно, ссылаясь на переменные PL/pgSQL в запросе. В связанном курсоре можно ссылаться только на те переменные, которые были объявлены до самого курсора. В любом случае, значение переменной для подстановки в запрос будет определяться на момент выполнения `OPEN`. Вот ещё один способ получить тот же результат с `curs3`, как в примере выше:

```
DECLARE
    key integer;
    curs4 CURSOR FOR SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 = key;
BEGIN
    key := 42;
    OPEN curs4;
```

43.7.3. Использование курсоров

После того как курсор будет открыт, с ним можно работать при помощи описанных здесь операторов.

Работать с курсором необязательно в той же функции, где он был открыт. Из функции можно вернуть значение с типом `refcursor`, что позволит вызывающему продолжить работу с курсором. (Внутри `refcursor` представляет собой обычное строковое имя так называемого портала, содержащего активный запрос курсора. Это имя можно передавать, присваивать другим переменным с типом `refcursor` и так далее, при этом портал не нарушается.)

Все порталы неявно закрываются в конце транзакции, поэтому значение `refcursor` можно использовать для ссылки на открытый курсор только до конца транзакции.

43.7.3.1. FETCH

```
FETCH [направление { FROM | IN }] курсor INTO цель;
```

`FETCH` извлекает следующую строку из курсора в *цель*. В качестве *цели* может быть строковая переменная, переменная типа `record`, или разделённый запятыми список простых переменных, как и в `SELECT INTO`. Если следующей строки нет, *цели* присваивается `NULL`. Как и в `SELECT INTO`, проверить, была ли получена запись, можно при помощи специальной переменной `FOUND`.

Здесь *направление* может быть любым допустимым в SQL-команде `FETCH` вариантом, кроме тех, что извлекают более одной строки. А именно: `NEXT`, `PRIOR`, `FIRST`, `LAST`, `ABSOLUTE` *число*, `RELATIVE` *число*, `FORWARD` или `BACKWARD`. Без указания *направления* подразумевается вариант `NEXT`. Везде, где используется *число*, оно может определяться любым целочисленным выражением (в отличие от SQL-команды `FETCH`, допускающей только целочисленные константы). Значения *направления*, которые требуют перемещения назад, приведут к ошибке, если курсор не был объявлен или открыт с указанием `SCROLL`.

курсor это переменная с типом `refcursor`, которая ссылается на открытый портал курсора.

Примеры:

```
FETCH curs1 INTO rowvar;
FETCH curs2 INTO foo, bar, baz;
FETCH LAST FROM curs3 INTO x, y;
FETCH RELATIVE -2 FROM curs4 INTO x;
```

43.7.3.2. MOVE

```
MOVE [направление { FROM | IN }] курсor;
```

`MOVE` перемещает курсор без извлечения данных. `MOVE` работает точно также как и `FETCH`, но при этом только перемещает курсор и не извлекает строку, к которой переместился. Как и в `SELECT INTO`, проверить успешность перемещения можно с помощью специальной переменной `FOUND`.

Примеры:

```
MOVE curs1;  
MOVE LAST FROM curs3;  
MOVE RELATIVE -2 FROM curs4;  
MOVE FORWARD 2 FROM curs4;
```

43.7.3.3. UPDATE/DELETE WHERE CURRENT OF

```
UPDATE таблица SET ... WHERE CURRENT OF курсор;  
DELETE FROM таблица WHERE CURRENT OF курсор;
```

Когда курсор позиционирован на строку таблицы, эту строку можно изменить или удалить при помощи курсора. Есть ограничения на то, каким может быть запрос курсора (в частности, не должно быть группировок), и крайне желательно использовать указание `FOR UPDATE`. За дополнительными сведениями обратитесь к странице справки `DECLARE`.

Пример:

```
UPDATE foo SET dataval = myval WHERE CURRENT OF curs1;
```

43.7.3.4. CLOSE

```
CLOSE курсор;
```

`CLOSE` закрывает связанный с курсором портал. Используется для того, чтобы освободить ресурсы раньше, чем закончится транзакция, или чтобы освободить курсорную переменную для повторного открытия.

Пример:

```
CLOSE curs1;
```

43.7.3.5. Возврат курсора из функции

Курсоры можно возвращать из функции на PL/pgSQL. Это полезно, когда нужно вернуть множество строк и столбцов, особенно если выборки очень большие. Для этого, в функции открывается курсор и его имя возвращается вызывающему (или просто открывается курсор, используя указанное имя портала, каким-либо образом известное вызывающему). Вызывающий затем может извлекать строки из курсора. Курсор может быть закрыт вызывающим или он будет автоматически закрыт при завершении транзакции.

Имя портала, используемое для курсора, может быть указано разработчиком или будет генерироваться автоматически. Чтобы указать имя портала, нужно просто присвоить строку в переменную `refcursor` перед его открытием. Значение строки переменной `refcursor` будет использоваться командой `OPEN` как имя портала. Однако, если переменная `refcursor` имеет значение `NULL`, `OPEN` автоматически генерирует имя, которое не конфликтует с любым существующим порталом и присваивает его переменной `refcursor`.

Примечание

Связанная курсорная переменная инициализируется в строковое значение, представляющее собой имя самой переменной. Таким образом, имя портала совпадает с именем курсорной переменной, кроме случаев, когда разработчик переопределил имя, присвоив новое значение перед открытием курсора. Несвязанная курсорная переменная инициализируется в `NULL` и получит автоматически сгенерированное уникальное имя, если не будет переопределена.

Следующий пример показывает один из способов передачи имени курсора вызывающему:

```
CREATE TABLE test (col text);  
INSERT INTO test VALUES ('123');
```

```
CREATE FUNCTION reffunc(refcursor) RETURNS refcursor AS '  
BEGIN  
    OPEN $1 FOR SELECT col FROM test;  
    RETURN $1;  
END;  
' LANGUAGE plpgsql;  
  
BEGIN;  
SELECT reffunc('funccursor');  
FETCH ALL IN funccursor;  
COMMIT;
```

В следующем примере используется автоматическая генерация имени курсора:

```
CREATE FUNCTION reffunc2() RETURNS refcursor AS '  
DECLARE  
    ref refcursor;  
BEGIN  
    OPEN ref FOR SELECT col FROM test;  
    RETURN ref;  
END;  
' LANGUAGE plpgsql;  
  
-- для использования курсоров, необходимо начать транзакцию  
BEGIN;  
SELECT reffunc2();  
  
        reffunc2  
-----  
<unnamed cursor 1>  
(1 row)  
  
FETCH ALL IN "<unnamed cursor 1>";  
COMMIT;
```

В следующем примере показан один из способов вернуть несколько курсоров из одной функции:

```
CREATE FUNCTION myfunc(refcursor, refcursor) RETURNS SETOF refcursor AS $$  
BEGIN  
    OPEN $1 FOR SELECT * FROM table_1;  
    RETURN NEXT $1;  
    OPEN $2 FOR SELECT * FROM table_2;  
    RETURN NEXT $2;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql;  
  
-- для использования курсоров необходимо начать транзакцию  
BEGIN;  
  
SELECT * FROM myfunc('a', 'b');  
  
FETCH ALL FROM a;  
FETCH ALL FROM b;  
COMMIT;
```

43.7.4. Обработка курсора в цикле

Один из вариантов цикла `FOR` позволяет перебирать строки, возвращённые курсором. Вот его синтаксис:

```
[ <<метка>> ]
FOR переменная-запись IN связанная_переменная_курсора [ ( [ имя_аргумента
:= ] значение_аргумента [, ...] ) ] LOOP
    операторы
END LOOP [ метка ];
```

Курсорная переменная должна быть связана с запросом при объявлении. Курсор *не может* быть открытым. Команда `FOR` автоматически открывает курсор и автоматически закрывает при завершении цикла. Список фактических значений аргументов должен присутствовать только в том случае, если курсор объявлялся с параметрами. Эти значения будут подставлены в запрос, также как и при выполнении `OPEN` (см. Подраздел 43.7.2.3).

Данная *переменная-запись* автоматически определяется как переменная типа `record` и существует только внутри цикла (другие объявленные переменные с таким именем игнорируются в цикле). Каждая возвращаемая курсором строка последовательно присваивается этой переменной и выполняется тело цикла.

43.8. Управление транзакциями

В процедурах, вызываемых командой `CALL`, а также в анонимных блоках кода (в команде `DO`) можно завершать транзакции, выполняя `COMMIT` и `ROLLBACK`. После завершения транзакции этими командами новая будет начата автоматически, поэтому отдельной команды `START TRANSACTION` нет. (Заметьте, что команды `BEGIN` и `END` в PL/pgSQL имеют другой смысл.)

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plpgsql
AS $$
BEGIN
    FOR i IN 0..9 LOOP
        INSERT INTO test1 (a) VALUES (i);
        IF i % 2 = 0 THEN
            COMMIT;
        ELSE
            ROLLBACK;
        END IF;
    END LOOP;
END
$$;

CALL transaction_test1();
```

Управление транзакциями возможно только в вызовах `CALL` или `DO` в коде верхнего уровня или во вложенных `CALL` или `DO` без других промежуточных команд. Например, в стеке вызовов `CALL proc1() → CALL proc2() → CALL proc3()` вторая и третья процедуры могут управлять транзакциями. Но в стеке `CALL proc1() → SELECT func2() → CALL proc3()` последняя процедура лишена этой возможности из-за промежуточного `SELECT`.

Циклам с курсорами присущи некоторые особенности. Рассмотрите этот пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test2()
LANGUAGE plpgsql
AS $$
DECLARE
    r RECORD;
BEGIN
    FOR r IN SELECT * FROM test2 ORDER BY x LOOP
        INSERT INTO test1 (a) VALUES (r.x);
```

```

        COMMIT;
    END LOOP;
END;
$$;

CALL transaction_test2();

```

Обычно курсоры автоматически закрываются при фиксировании транзакции. Однако курсор, создаваемый внутри цикла подобным образом, автоматически преобразуется в удерживаемый курсор первой командой `COMMIT` или `ROLLBACK`. Это означает, что курсор полностью вычисляется при выполнении первой команды `COMMIT` или `ROLLBACK`, а не для каждой очередной строки. При этом он автоматически удаляется после цикла, так что это происходит практически незаметно для пользователя.

Команды управления транзакциями не допускаются в циклах с курсором, которыми управляют запросы, производящие не только чтение, но и модификацию данных (например, `UPDATE ... RETURNING`).

Транзакция не может завершаться внутри блока с обработчиками исключений.

43.9. Сообщения и ошибки

43.9.1. Вывод сообщений и ошибок

Команда `RAISE` предназначена для вывода сообщений и вызова ошибок.

```

RAISE [ уровень ] 'формат' [, выражение [, ... ] ] [ USING параметр = значение
    [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] имя_условия [ USING параметр = выражение [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] SQLSTATE 'sqlstate' [ USING параметр = выражение [, ... ] ];
RAISE [ уровень ] USING параметр = выражение [, ... ] ;
RAISE ;

```

уровень задаёт уровень важности ошибки. Возможные значения: `DEBUG`, `LOG`, `INFO`, `NOTICE`, `WARNING` и `EXCEPTION`. По умолчанию используется `EXCEPTION`. `EXCEPTION` вызывает ошибку (что обычно прерывает текущую транзакцию), остальные значения *уровня* только генерируют сообщения с различными уровнями приоритета. Будут ли сообщения конкретного приоритета переданы клиенту или записаны в журнал сервера, или и то, и другое, зависит от конфигурационных переменных `log_min_messages` и `client_min_messages`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

После указания *уровня*, если оно есть, можно задать *формат* (это должна быть простая строковая константа, не выражение). Строка формата определяет вид текста об ошибке, который будет выдан. За строкой формата могут следовать необязательные выражения аргументов, которые будут вставлены в сообщение. Внутри строки формата знак `%` заменяется строковым представлением значения очередного аргумента. Чтобы выдать символ `%` буквально, продублируйте его (как `%%`). Число аргументов должно совпадать с числом местозаполнителей `%` в строке формата, иначе при компиляции функции возникнет ошибка.

В следующем примере символ `%` будет заменён на значение `v_job_id`:

```
RAISE NOTICE 'Вызов функции cs_create_job(%)', v_job_id;
```

При помощи `USING` и последующих элементов *параметр* = *выражение* можно добавить дополнительную информацию к отчёту об ошибке. Все *выражения* представляют собой строковые выражения. Возможные ключевые слова для *параметра* следующие:

`MESSAGE`

Устанавливает текст сообщения об ошибке. Этот параметр не может использоваться, если в команде `RAISE` присутствует *формат* перед `USING`.

DETAIL

Предоставляет детальное сообщение об ошибке.

HINT

Предоставляет подсказку по вызванной ошибке.

ERRCODE

Устанавливает код ошибки (SQLSTATE). Код ошибки задаётся либо по имени, как показано в Приложении А, или напрямую, пятисимвольный код SQLSTATE.

COLUMN

CONSTRAINT

DATATYPE

TABLE

SCHEMA

Предоставляет имя соответствующего объекта, связанного с ошибкой.

Этот пример прерывает транзакцию и устанавливает сообщение об ошибке с подсказкой:

```
RAISE EXCEPTION 'Несуществующий ID --> %', user_id  
    USING HINT = 'Проверьте ваш пользовательский ID';
```

Следующие два примера демонстрируют эквивалентные способы задания SQLSTATE:

```
RAISE 'Duplicate user ID: %', user_id USING ERRCODE = 'unique_violation';  
RAISE 'Duplicate user ID: %', user_id USING ERRCODE = '23505';
```

У команды RAISE есть и другой синтаксис, в котором в качестве главного аргумента используется имя или код SQLSTATE ошибки. Например:

```
RAISE division_by_zero;  
RAISE SQLSTATE '22012';
```

Предложение USING в этом синтаксисе можно использовать для того, чтобы переопределить стандартное сообщение об ошибке, детальное сообщение, подсказку. Ещё один вариант предыдущего примера:

```
RAISE unique_violation USING MESSAGE = 'ID пользователя уже существует: ' || user_id;
```

Ещё один вариант — использовать RAISE USING или RAISE *уровень* USING, а всё остальное записать в списке USING.

И заключительный вариант, в котором RAISE не имеет параметров вообще. Эта форма может использоваться только в секции EXCEPTION блока и предназначена для того, чтобы повторно вызвать ошибку, которая сейчас перехвачена и обрабатывается.

Примечание

До версии PostgreSQL 9.1 команда RAISE без параметров всегда вызывала ошибку с выходом из блока, содержащего активную секцию EXCEPTION. Эту ошибку нельзя было перехватить, даже если RAISE в секции EXCEPTION поместить во вложенный блок со своей секцией EXCEPTION. Это было сочтено удивительным и не совместимым с Oracle PL/SQL.

Если в команде RAISE EXCEPTION не задано ни имя, ни SQLSTATE код, то по умолчанию используются RAISE_EXCEPTION (P0001). В качестве текста сообщения об ошибке (если не задан) используется имя или SQLSTATE код.

Примечание

При задании `SQLSTATE` кода необязательно использовать только список предопределённых кодов ошибок. В качестве кода ошибки может быть любое пятисимвольное значение, состоящее из цифр и/или ASCII символов в верхнем регистре, кроме `00000`. Не рекомендуется использовать коды ошибок, которые заканчиваются на `000`, потому что так обозначаются коды категорий. И чтобы их перехватить, нужно перехватывать целую категорию.

43.9.2. Проверка утверждений

Оператор `ASSERT` представляет удобное средство вставлять отладочные проверки в функции PL/pgSQL.

```
ASSERT условие [ , сообщение ];
```

Здесь *условие* — это булевское выражение, которое, как ожидается, должно быть всегда истинным; если это так, оператор `ASSERT` больше ничего не делает. Если же оно возвращает ложь или `NULL`, этот оператор выдаёт исключение `ASSERT_FAILURE`. (Если ошибка происходит при вычислении *условия*, она выдаётся как обычная ошибка.)

Если в нём задаётся необязательное *сообщение*, результат этого выражения (если он не `NULL`) заменяет сообщение об ошибке по умолчанию «`assertion failed`» (нарушение истинности), в случае, если *условие* не выполняется. В обычном случае, когда условие утверждения выполняется, выражение *сообщения* не вычисляется.

Проверку утверждений можно включить или отключить с помощью конфигурационного параметра `plpgsql.check_asserts`, принимающего булевское значение; по умолчанию она включена (`on`). Если этот параметр отключён (`off`), операторы `ASSERT` ничего не делают.

Учтите, что оператор `ASSERT` предназначен для выявления программных дефектов, а не для вывода обычных ошибок (для этого используется оператор `RAISE`, описанный выше).

43.10. Триггерные функции

В PL/pgSQL можно создавать триггерные функции, которые будут вызываться при изменениях данных или событиях в базе данных. Триггерная функция создаётся командой `CREATE FUNCTION`, при этом у функции не должно быть аргументов, а типом возвращаемого значения должен быть `trigger` (для триггеров, срабатывающих при изменениях данных) или `event_trigger` (для триггеров, срабатывающих при событиях в базе). Для триггеров автоматически определяются специальные локальные переменные с именами вида `TG_имя`, описывающие условие, повлёкшее вызов триггера.

43.10.1. Триггеры при изменении данных

Триггер при изменении данных объявляется как функция без аргументов и с типом результата `trigger`. Заметьте, что эта функция должна объявляться без аргументов, даже если ожидается, что она будет получать аргументы, заданные в команде `CREATE TRIGGER` — такие аргументы передаются через `TG_ARGV`, как описано ниже.

Когда функция на PL/pgSQL срабатывает как триггер, в блоке верхнего уровня автоматически создаются несколько специальных переменных:

`NEW`

Тип данных `RECORD`. Переменная содержит новую строку базы данных для команд `INSERT/UPDATE` в триггерах уровня строки. В триггерах уровня оператора и для команды `DELETE` этой переменной значение не присваивается.

OLD

Тип данных `RECORD`. Переменная содержит старую строку базы данных для команд `UPDATE/DELETE` в триггерах уровня строки. В триггерах уровня оператора и для команды `INSERT` этой переменной значение не присваивается.

TG_NAME

Тип данных `name`. Переменная содержит имя сработавшего триггера.

TG_WHEN

Тип данных `text`. Строка, содержащая `BEFORE`, `AFTER` или `INSTEAD OF`, в зависимости от определения триггера.

TG_LEVEL

Тип данных `text`. Строка, содержащая `ROW` или `STATEMENT`, в зависимости от определения триггера.

TG_OP

Тип данных `text`. Строка, содержащая `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE`, в зависимости от того, для какой операции сработал триггер.

TG_RELID

Тип данных `oid`. OID таблицы, для которой сработал триггер.

TG_RELNAME

Тип данных `name`. Имя таблицы, для которой сработал триггер. Эта переменная устарела и может стать недоступной в будущих релизах. Вместо неё нужно использовать `TG_TABLE_NAME`.

TG_TABLE_NAME

Тип данных `name`. Имя таблицы, для которой сработал триггер.

TG_TABLE_SCHEMA

Тип данных `name`. Имя схемы, содержащей таблицу, для которой сработал триггер.

TG_NARGS

Тип данных `integer`. Число аргументов в команде `CREATE TRIGGER`, которые передаются в триггерную функцию.

TG_ARGV[]

Тип данных массив `text`. Аргументы от оператора `CREATE TRIGGER`. Индекс массива начинается с 0. Для недопустимых значений индекса (`< 0` или `>= tg_nargs`) возвращается `NULL`.

Триггерная функция должна вернуть либо `NULL`, либо запись/строку, соответствующую структуре таблицы, для которой сработал триггер.

Если `BEFORE` триггер уровня строки возвращает `NULL`, то все дальнейшие действия с этой строкой прекращаются (т. е. не срабатывают последующие триггеры, команда `INSERT/UPDATE/DELETE` для этой строки не выполняется). Если возвращается не `NULL`, то дальнейшая обработка продолжается именно с этой строкой. Возвращение строки отличной от начальной `NEW`, изменяет строку, которая будет вставлена или изменена. Поэтому, если в триггерной функции нужно выполнить некоторые действия и не менять саму строку, то нужно вернуть переменную `NEW` (или её эквивалент). Для того чтобы изменить сохраняемую строку, можно поменять отдельные значения в переменной `NEW` и затем её вернуть. Либо создать и вернуть полностью новую переменную. В случае строчного триггера `BEFORE` для команды `DELETE` само возвращаемое значение не имеет прямого эффекта, но оно должно быть отличным от `NULL`, чтобы не прерывать обработку строки. Обратите внимание, что переменная `NEW` всегда `NULL` в триггерах на `DELETE`, поэтому возвращать её не имеет смысла. Традиционной идиомой для триггеров `DELETE` является возврат переменной `OLD`.

Триггеры `INSTEAD OF` (это всегда триггеры уровня строк и они могут применяться только с представлениями) могут возвращать `NULL`, чтобы показать, что они не выполняли никаких изменений, так что обработку этой строки можно не продолжать (то есть, не вызывать последующие триггеры и не считать строку в числе обработанных строк для окружающих команд `INSERT/UPDATE/DELETE`). В противном случае должно быть возвращено значение, отличное от `NULL`, показывающее, что триггер выполнил запрошенную операцию. Для операций `INSERT` и `UPDATE` возвращаемым значением должно быть `NEW`, которое триггерная функция может модифицировать для поддержки предложений `INSERT RETURNING` и `UPDATE RETURNING` (это также повлияет на значение строки, передаваемое последующим триггерам, или доступное под специальным псевдонимом `EXCLUDED` в операторе `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`). Для операций `DELETE` возвращаемым значением должно быть `OLD`.

Возвращаемое значение для строчного триггера `AFTER` и триггеров уровня оператора (`BEFORE` или `AFTER`) всегда игнорируется. Это может быть и `NULL`. Однако, в этих триггерах по-прежнему можно прервать вызвавшую их команду, для этого нужно явно вызвать ошибку.

Пример 43.3 показывает пример триггерной функции в PL/pgSQL.

Пример 43.3. Триггерная функция на PL/pgSQL

Триггер, показанный в этом примере, при любом добавлении или изменении строки в таблице сохраняет в этой строке информацию о текущем пользователе и отметку времени. Кроме того, он требует, чтобы было указано имя сотрудника и зарплата задавалась положительным числом.

```
CREATE TABLE emp (
    empname text,
    salary integer,
    last_date timestamp,
    last_user text
);

CREATE FUNCTION emp_stamp() RETURNS trigger AS $emp_stamp$
BEGIN
    -- Проверить, что указаны имя сотрудника и зарплата
    IF NEW.empname IS NULL THEN
        RAISE EXCEPTION 'empname cannot be null';
    END IF;
    IF NEW.salary IS NULL THEN
        RAISE EXCEPTION '% cannot have null salary', NEW.empname;
    END IF;

    -- Кто будет работать, если за это надо будет платить?
    IF NEW.salary < 0 THEN
        RAISE EXCEPTION '% cannot have a negative salary', NEW.empname;
    END IF;

    -- Запомнить, кто и когда изменил запись
    NEW.last_date := current_timestamp;
    NEW.last_user := current_user;
    RETURN NEW;
END;
$emp_stamp$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_stamp BEFORE INSERT OR UPDATE ON emp
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION emp_stamp();
```

Другой вариант ведения журнала изменений для таблицы предполагает создание новой таблицы, которая будет содержать отдельную запись для каждой выполненной команды `INSERT`, `UPDATE`,

DELETE. Этот подход можно рассматривать как протоколирование изменений таблицы для аудита. Пример 43.4 показывает реализацию соответствующей триггерной функции в PL/pgSQL.

Пример 43.4. Триггерная функция для аудита в PL/pgSQL

Показанный в этом примере триггер гарантирует, что любое добавление, изменение или удаление строки в таблице `emp` будет зафиксировано в таблице `emp_audit` (для аудита). Также он фиксирует текущее время, имя пользователя и тип выполняемой операции.

```
CREATE TABLE emp (
    empname      text NOT NULL,
    salary       integer
);

CREATE TABLE emp_audit (
    operation     char(1) NOT NULL,
    stamp         timestamp NOT NULL,
    userid        text NOT NULL,
    empname       text NOT NULL,
    salary integer
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION process_emp_audit() RETURNS TRIGGER AS $emp_audit$
BEGIN
    --
    -- Добавление строки в emp_audit, которая отражает операцию, выполняемую в emp;
    -- для определения типа операции применяется специальная переменная TG_OP.
    --
    IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
        INSERT INTO emp_audit SELECT 'D', now(), user, OLD.*;
    ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
        INSERT INTO emp_audit SELECT 'U', now(), user, NEW.*;
    ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
        INSERT INTO emp_audit SELECT 'I', now(), user, NEW.*;
    END IF;
    RETURN NULL; -- возвращаемое значение для триггера AFTER игнорируется
END;
$emp_audit$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit
AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON emp
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
```

У предыдущего примера есть разновидность, которая использует представление, соединяющее основную таблицу и таблицу аудита, для отображения даты последнего изменения каждой строки. При этом подходе по-прежнему ведётся полный журнал аудита в отдельной таблице, но также имеется представление с упрощенным аудиторским следом. Это представление содержит временную метку, которая вычисляется для каждой строки из данных аудиторской таблицы. Пример 43.5 показывает пример триггера на представление для аудита в PL/pgSQL.

Пример 43.5. Триггерная функция на PL/pgSQL для аудита в представлении

В этом примере триггер, связанный с представлением, делает это представление изменяемым и гарантирует, что любая команда на добавление, изменение или удаление строки в представлении будет записана для аудита в таблицу `emp_audit`. Также записываются временная метка, имя пользователя и тип выполняемой операции. Представление показывает дату последнего изменения для каждой строки.

```
CREATE TABLE emp (
    empname      text PRIMARY KEY,
    salary       integer
```

```
);

CREATE TABLE emp_audit(
    operation      char(1)    NOT NULL,
    userid         text       NOT NULL,
    empname        text       NOT NULL,
    salary         integer,
    stamp          timestamp NOT NULL
);

CREATE VIEW emp_view AS
    SELECT e.empname,
           e.salary,
           max(ea.stamp) AS last_updated
    FROM emp e
    LEFT JOIN emp_audit ea ON ea.empname = e.empname
    GROUP BY 1, 2;

CREATE OR REPLACE FUNCTION update_emp_view() RETURNS TRIGGER AS $$
BEGIN
    --
    -- Выполнить требуемую операцию в emp и добавить в emp_audit строку,
    -- отражающую эту операцию.
    --
    IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
        DELETE FROM emp WHERE empname = OLD.empname;
        IF NOT FOUND THEN RETURN NULL; END IF;

        OLD.last_updated = now();
        INSERT INTO emp_audit VALUES('D', user, OLD.*);
        RETURN OLD;
    ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
        UPDATE emp SET salary = NEW.salary WHERE empname = OLD.empname;
        IF NOT FOUND THEN RETURN NULL; END IF;

        NEW.last_updated = now();
        INSERT INTO emp_audit VALUES('U', user, NEW.*);
        RETURN NEW;
    ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
        INSERT INTO emp VALUES(NEW.empname, NEW.salary);

        NEW.last_updated = now();
        INSERT INTO emp_audit VALUES('I', user, NEW.*);
        RETURN NEW;
    END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit
INSTEAD OF INSERT OR UPDATE OR DELETE ON emp_view
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION update_emp_view();
```

Один из вариантов использования триггеров это поддержание в актуальном состоянии отдельной таблицы итогов для некоторой таблицы. В некоторых случаях отдельная таблица с итогами может использоваться в запросах вместо основной таблицы. При этом зачастую время выполнения запросов значительно сокращается. Эта техника широко используется в хранилищах данных, где таблицы фактов могут быть очень большими. Пример 43.6 демонстрирует триггерную функцию на PL/pgSQL, которая поддерживает таблицу итогов для таблицы фактов в хранилище данных.

Пример 43.6. Триггерная функция на PL/pgSQL для ведения таблицы итогов

Представленная здесь схема данных частично основана на примере *Grocery Store* из книги *The Data Warehouse Toolkit* (автор Ralph Kimball).

```
--
-- Основные таблицы: таблица временных периодов и таблица фактов продаж
--
CREATE TABLE time_dimension (
    time_key          integer NOT NULL,
    day_of_week       integer NOT NULL,
    day_of_month      integer NOT NULL,
    month             integer NOT NULL,
    quarter           integer NOT NULL,
    year             integer NOT NULL
);
CREATE UNIQUE INDEX time_dimension_key ON time_dimension(time_key);

CREATE TABLE sales_fact (
    time_key          integer NOT NULL,
    product_key       integer NOT NULL,
    store_key         integer NOT NULL,
    amount_sold       numeric(12,2) NOT NULL,
    units_sold        integer NOT NULL,
    amount_cost       numeric(12,2) NOT NULL
);
CREATE INDEX sales_fact_time ON sales_fact(time_key);

--
-- Таблица с итогами продаж по периодам
--
CREATE TABLE sales_summary_bytime (
    time_key          integer NOT NULL,
    amount_sold       numeric(15,2) NOT NULL,
    units_sold        numeric(12) NOT NULL,
    amount_cost       numeric(15,2) NOT NULL
);
CREATE UNIQUE INDEX sales_summary_bytime_key ON sales_summary_bytime(time_key);

--
-- Функция и триггер для пересчёта столбцов итогов при выполнении
-- команд INSERT, UPDATE, DELETE
--
CREATE OR REPLACE FUNCTION maint_sales_summary_bytime() RETURNS TRIGGER
AS $maint_sales_summary_bytime$
    DECLARE
        delta_time_key          integer;
        delta_amount_sold       numeric(15,2);
        delta_units_sold        numeric(12);
        delta_amount_cost       numeric(15,2);
    BEGIN

        -- Вычислить изменение количества/суммы.
        IF (TG_OP = 'DELETE') THEN

            delta_time_key = OLD.time_key;
            delta_amount_sold = -1 * OLD.amount_sold;
            delta_units_sold = -1 * OLD.units_sold;
            delta_amount_cost = -1 * OLD.amount_cost;
```

```
ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN

    -- Запретить изменение time_key -
    -- (это ограничение не должно вызвать неудобств, так как
    -- в основном изменения будут выполняться по схеме DELETE + INSERT).
    IF ( OLD.time_key != NEW.time_key) THEN
        RAISE EXCEPTION 'Update of time_key : % -> % not allowed',
                        OLD.time_key, NEW.time_key;
    END IF;

    delta_time_key = OLD.time_key;
    delta_amount_sold = NEW.amount_sold - OLD.amount_sold;
    delta_units_sold = NEW.units_sold - OLD.units_sold;
    delta_amount_cost = NEW.amount_cost - OLD.amount_cost;

ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN

    delta_time_key = NEW.time_key;
    delta_amount_sold = NEW.amount_sold;
    delta_units_sold = NEW.units_sold;
    delta_amount_cost = NEW.amount_cost;

END IF;

-- Внести новые значения в существующую строку итогов или
-- добавить новую.
<<insert_update>>
LOOP
    UPDATE sales_summary_bytime
        SET amount_sold = amount_sold + delta_amount_sold,
            units_sold = units_sold + delta_units_sold,
            amount_cost = amount_cost + delta_amount_cost
        WHERE time_key = delta_time_key;

    EXIT insert_update WHEN found;

BEGIN
    INSERT INTO sales_summary_bytime (
        time_key,
        amount_sold,
        units_sold,
        amount_cost)
        VALUES (
            delta_time_key,
            delta_amount_sold,
            delta_units_sold,
            delta_amount_cost
        );

    EXIT insert_update;

EXCEPTION
    WHEN UNIQUE_VIOLATION THEN
        -- ничего не делать
END;
END LOOP insert_update;
```

```

RETURN NULL;

END;
$maint_sales_summary_bytime$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER maint_sales_summary_bytime
AFTER INSERT OR UPDATE OR DELETE ON sales_fact
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION maint_sales_summary_bytime();

INSERT INTO sales_fact VALUES (1,1,1,10,3,15);
INSERT INTO sales_fact VALUES (1,2,1,20,5,35);
INSERT INTO sales_fact VALUES (2,2,1,40,15,135);
INSERT INTO sales_fact VALUES (2,3,1,10,1,13);
SELECT * FROM sales_summary_bytime;
DELETE FROM sales_fact WHERE product_key = 1;
SELECT * FROM sales_summary_bytime;
UPDATE sales_fact SET units_sold = units_sold * 2;
SELECT * FROM sales_summary_bytime;

```

Триггеры AFTER также могут использовать *переходные таблицы* для просмотра всего набора строк, изменённых оператором, вызвавшим триггер. Команда CREATE TRIGGER назначает имена одной или обеим переходным таблицам, а затем функция может по этим именам обращаться к ним как к временным таблицам только для чтения. Это иллюстрирует Пример 43.7.

Пример 43.7. Организация аудита с переходными таблицами

В данном примере достигается тот же результат, что и в Пример 43.4, но вместо триггера, срабатывающего для каждой строки, в нём используется триггер, срабатывающий единожды для оператора и получающий нужные ему данные в переходной таблице. Это может быть гораздо быстрее, чем вариант с построчным триггером, когда целевой оператор изменяет сразу множество строк. Заметьте, что мы должны объявить отдельные триггеры для каждого вида события, так как предложения REFERENCING в каждом случае будут разными. Но это не мешает при желании использовать одну триггерную функцию. (На практике может быть лучше использовать три отдельные функции и не проверять TG_OP во время выполнения.)

```

CREATE TABLE emp (
    empname      text NOT NULL,
    salary       integer
);

CREATE TABLE emp_audit (
    operation     char(1) NOT NULL,
    stamp         timestamp NOT NULL,
    userid       text NOT NULL,
    empname      text NOT NULL,
    salary integer
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION process_emp_audit() RETURNS TRIGGER AS $emp_audit$
BEGIN
    --
    -- Добавление строк в emp_audit, которые отражают операции, выполняемые в emp;
    -- для определения типа операций применяется специальная переменная TG_OP.
    --
    IF (TG_OP = 'DELETE') THEN
        INSERT INTO emp_audit
            SELECT 'D', now(), user, o.* FROM old_table o;

```



```

    ELSIF (TG_OP = 'UPDATE') THEN
        INSERT INTO emp_audit
            SELECT 'U', now(), user, n.* FROM new_table n;
    ELSIF (TG_OP = 'INSERT') THEN
        INSERT INTO emp_audit
            SELECT 'I', now(), user, n.* FROM new_table n;
    END IF;
    RETURN NULL; -- возвращаемое значение для триггера AFTER игнорируется
END;
$emp_audit$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE TRIGGER emp_audit_ins
    AFTER INSERT ON emp
    REFERENCING NEW TABLE AS new_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
CREATE TRIGGER emp_audit_upd
    AFTER UPDATE ON emp
    REFERENCING OLD TABLE AS old_table NEW TABLE AS new_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();
CREATE TRIGGER emp_audit_del
    AFTER DELETE ON emp
    REFERENCING OLD TABLE AS old_table
    FOR EACH STATEMENT EXECUTE FUNCTION process_emp_audit();

```

43.10.2. Триггеры событий

В PL/pgSQL можно создавать событийные триггеры. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая вызывается как событийный триггер, объявлялась без аргументов и типом возвращаемого значения был `event_trigger`.

Когда функция на PL/pgSQL вызывается как событийный триггер, в блоке верхнего уровня автоматически создаются несколько специальных переменных:

`TG_EVENT`

Тип данных `text`. Строка, содержащая событие, для которого сработал триггер.

`TG_TAG`

Тип данных `text`. Переменная, содержащая тег команды, для которой сработал триггер.

Пример 43.8 демонстрирует реализацию функции событийного триггера на PL/pgSQL.

Пример 43.8. Функция событийного триггера на PL/pgSQL

Триггер в этом примере просто выдаёт сообщение `NOTICE` каждый раз, когда выполняется поддерживаемая команда.

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION snitch() RETURNS event_trigger AS $$
BEGIN
    RAISE NOTICE 'snitch: % %', tg_event, tg_tag;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

CREATE EVENT TRIGGER snitch ON ddl_command_start EXECUTE FUNCTION snitch();

```

43.11. PL/pgSQL изнутри

В этом разделе обсуждаются некоторые детали реализации, которые пользователям PL/pgSQL важно знать.

43.11.1. Подстановка переменных

SQL-операторы и выражения внутри функции на PL/pgSQL могут ссылаться на переменные и параметры этой функции. За кулисами PL/pgSQL заменяет параметры запросов для таких ссылок. Параметры будут заменены только в местах, где параметр или ссылка на столбец синтаксически допустимы. Как крайний случай, рассмотрим следующий пример плохого стиля программирования:

```
INSERT INTO foo (foo) VALUES (foo);
```

Первый раз `foo` появляется на том месте, где синтаксически должно быть имя таблицы, поэтому замены не будет, даже если функция имеет переменную `foo`. Второй раз `foo` встречается там, где должно быть имя столбца таблицы, поэтому замены не будет и здесь. Только третье вхождение `foo` является кандидатом на то, чтобы быть ссылкой на переменную функции.

Примечание

Версии PostgreSQL до 9.0 пытаются заменить переменную во всех трёх случаях, что приводит к синтаксической ошибке.

Если имена переменных синтаксически не отличаются от названий столбцов таблицы, то возможна двусмысленность и в ссылках на таблицы. Является ли данное имя ссылкой на столбец таблицы или ссылкой на переменную? Изменим предыдущий пример:

```
INSERT INTO dest (col) SELECT foo + bar FROM src;
```

Здесь `dest` и `src` должны быть именами таблиц, `col` должен быть столбцом `dest`. Однако, `foo` и `bar` могут быть как переменными функции, так и столбцами `src`.

По умолчанию, PL/pgSQL выдаст ошибку, если имя в операторе SQL может относиться как к переменной, так и к столбцу таблицы. Ситуацию можно исправить переименованием переменной, переименованием столбца, точной квалификацией неоднозначной ссылки или указанием PL/pgSQL машине, какую интерпретацию предпочесть.

Самое простое решение — переименовать переменную или столбец. Общее правило кодирования предполагает использование различных соглашений о наименовании для переменных PL/pgSQL и столбцов таблиц. Например, если имена переменных всегда имеют вид `v_имя`, а имена столбцов никогда не начинаются на `v_`, то конфликты исключены.

В качестве альтернативы можно дополнить имена неоднозначных ссылок, чтобы сделать их точными. В приведённом выше примере `src.foo` однозначно бы определялась, как ссылка на столбец таблицы. Чтобы сделать однозначной ссылку на переменную, переменная должна быть объявлена в блоке с меткой, и далее нужно использовать эту метку (см. Раздел 43.2). Например:

```
<<block>>
DECLARE
    foo int;
BEGIN
    foo := ...;
    INSERT INTO dest (col) SELECT block.foo + bar FROM src;
```

Здесь `block.foo` ссылается на переменную, даже если в таблице `src` есть столбец `foo`. Параметры функции, а также специальные переменные, такие как `FOUND`, могут быть дополнены именем функции, потому что они неявно объявлены во внешнем блоке, метка которого совпадает с именем функции.

Иногда может быть не очень практичным исправлять таким способом все неоднозначные ссылки в большом куске PL/pgSQL кода. В таких случаях можно указать, чтобы PL/pgSQL разрешал неоднозначные ссылки в пользу переменных (это совместимо с PL/pgSQL до версии PostgreSQL 9.0), или в пользу столбцов таблицы (совместимо с некоторыми другими системами, такими как Oracle).

На уровне всей системы поведение PL/pgSQL регулируется установкой конфигурационного параметра `plpgsql.variable_conflict`, имеющего значения: `error`, `use_variable` или `use_column` (`error` устанавливается по умолчанию при установке системы). Изменение этого параметра влияет на все последующие компиляции операторов в функциях на PL/pgSQL, но не на операторы уже скомпилированные в текущей сессии. Так как изменение этого параметра может привести к неожиданным изменениям в поведении функций на PL/pgSQL, он может быть изменён только суперпользователем.

Поведение PL/pgSQL можно изменять для каждой отдельной функции, если добавить в начало функции одну из этих специальных команд:

```
#variable_conflict error
#variable_conflict use_variable
#variable_conflict use_column
```

Эти команды влияют только на функцию, в которой они записаны и перекрывают действие `plpgsql.variable_conflict`. Пример:

```
CREATE FUNCTION stamp_user(id int, comment text) RETURNS void AS $$
    #variable_conflict use_variable
    DECLARE
        curtime timestamp := now();
    BEGIN
        UPDATE users SET last_modified = curtime, comment = comment
            WHERE users.id = id;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В команде `UPDATE`, `curtime`, `comment` и `id` будут ссылаться на переменные и параметры функции вне зависимости от того, есть ли столбцы с такими именами в таблице `users`. Обратите внимание, что нужно дополнить именем таблицы ссылку на `users.id` в предложении `WHERE`, чтобы она ссылалась на столбец таблицы. При этом необязательно дополнять ссылку на `comment` в левой части списка `UPDATE`, так как синтаксически в этом месте должно быть имя столбца таблицы `users`. Эту функцию можно было бы записать и без зависимости от значения `variable_conflict`:

```
CREATE FUNCTION stamp_user(id int, comment text) RETURNS void AS $$
    <<fn>>
    DECLARE
        curtime timestamp := now();
    BEGIN
        UPDATE users SET last_modified = fn.curtime, comment = stamp_user.comment
            WHERE users.id = stamp_user.id;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Замена переменных не происходит в строке, исполняемой командой `EXECUTE` или её вариантом. Если нужно вставлять изменяющиеся значения в такую команду, то это делается либо при построении самой командной строки или с использованием `USING`, как показано в Подразделе 43.5.4.

Замена переменных в настоящее время работает только в командах `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`, потому что основная SQL машина допускает использование параметров запроса только в этих командах. Чтобы использовать изменяемые имена или значения в других типах операторов (обычно называются утилиты), необходимо построить текст команды в виде строки и выполнить её в `EXECUTE`.

43.11.2. Кеширование плана

Интерпретатор PL/pgSQL анализирует исходный текст функции и строит внутреннее бинарное дерево инструкций при первом вызове функции (для каждой сессии). В дерево инструкций полностью переводится вся структура операторов PL/pgSQL, но для выражений и команд SQL, используемых в функции, это происходит не сразу.

При первом выполнении в функции каждого выражения или команды SQL интерпретатор PL/pgSQL разбирает и анализирует команду для создания подготовленного к выполнению оператора с помощью функции `SPI_prepare` менеджера интерфейса программирования сервера. Последующие обращения к этому выражению или команде повторно используют подготовленный к выполнению оператор. Таким образом, SQL-команды, находящиеся в редко посещаемой ветке кода условного оператора, не несут накладных расходов на разбор команд, если они так и не будут выполнены в текущей сессии. Здесь есть недостаток, заключающийся в том, что ошибки в определённом выражении или команде не могут быть обнаружены, пока выполнение не дойдёт до этой части функции. (Тривиальные синтаксические ошибки обнаружатся в ходе первоначального разбора, но ничего более серьёзного не будет обнаружено до исполнения.)

Кроме того, PL/pgSQL (точнее, менеджер интерфейса программирования сервера) будет пытаться кешировать план выполнения для любого подготовленного к исполнению оператора. При каждом вызове оператора, если не используется план из кеша, генерируется новый план выполнения, и текущие значения параметров (то есть значения переменных PL/pgSQL) могут быть использованы для оптимизации нового плана. Если оператор не имеет параметров или выполняется много раз, менеджер интерфейса программирования сервера рассмотрит вопрос о создании и кешировании (для повторного использования) общего плана, не зависящего от значений параметров. Как правило, это происходит в тех случаях, когда план выполнения не очень чувствителен к имеющимся ссылкам на значения переменных PL/pgSQL. В противном случае, выгоднее каждый раз формировать новый план. Более подробно поведение подготовленных операторов рассматривается в `PREPARE`.

Чтобы PL/pgSQL мог сохранять подготовленные операторы и планы выполнения, команды SQL в коде PL/pgSQL, должны использовать одни и те же таблицы и столбцы при каждом исполнении. А это значит, что в SQL-командах нельзя использовать названия таблиц и столбцов в качестве параметров. Чтобы обойти это ограничение, нужно построить динамическую команду для оператора PL/pgSQL `EXECUTE` — ценой будет разбор и построение нового плана выполнения при каждом вызове.

Изменчивая природа переменных типа `record` представляет ещё одну проблему в этой связи. Когда поля переменной типа `record` используются в выражениях или операторах, типы данных полей не должны меняться от одного вызова функции к другому, так как при анализе каждого выражения будет использоваться тот тип данных, который присутствовал при первом вызове. При необходимости можно использовать `EXECUTE` для решения этой проблемы.

Если функция используется в качестве триггера более чем для одной таблицы, PL/pgSQL независимо подготавливает и кеширует операторы для каждой такой таблицы. То есть создаётся кеш для каждой комбинации триггерная функция + таблица, а не только для каждой функции. Это устраняет некоторые проблемы, связанные с различными типами данных. Например, триггерная функция сможет успешно работать со столбцом `key`, даже если в разных таблицах этот столбец имеет разные типы данных.

Таким же образом, функции с полиморфными типами аргументов имеют отдельный кеш для каждой комбинации фактических типов аргументов, так что различия типов данных не вызывают неожиданных сбоев.

Кеширование операторов иногда приводит к неожиданным эффектам при интерпретации чувствительных ко времени значений. Например, есть разница между тем, что делают эти две функции:

```
CREATE FUNCTION logfunc1(logtxt text) RETURNS void AS $$
BEGIN
    INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, 'now');
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

и

```
CREATE FUNCTION logfunc2(logtxt text) RETURNS void AS $$
DECLARE
    curtime timestamp;
```

```
BEGIN
    curtime := 'now';
    INSERT INTO logtable VALUES (logtxt, curtime);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В случае `logfunc1`, при анализе `INSERT`, основной анализатор PostgreSQL знает, что строку `'now'` следует толковать как `timestamp`, потому что целевой столбец таблицы `logtable` имеет такой тип данных. Таким образом, `'now'` будет преобразовано в константу `timestamp` при анализе `INSERT`, а затем эта константа будет использоваться в последующих вызовах `logfunc1` в течение всей сессии. Разумеется, это не то, что хотел программист. Лучше было бы использовать функцию `now()` или `current_timestamp`.

В случае `logfunc2`, основной анализатор PostgreSQL не знает, какого типа будет `'now'` и поэтому возвращает значение типа `text`, содержащее строку `now`. При последующем присвоении локальной переменной `curtime` интерпретатор PL/pgSQL приводит эту строку к типу `timestamp`, вызывая функции `text_out` и `timestamp_in`. Таким образом, метка времени будет обновляться при каждом выполнении, как и ожидается программистом. И хотя всё работает как ожидалось, это ужасно неэффективно, поэтому использование функции `now()` по-прежнему значительно лучше.

43.12. Советы по разработке на PL/pgSQL

Хороший способ разрабатывать на PL/pgSQL заключается в том, чтобы в одном окне с текстовым редактором по выбору создавать тексты функций, а в другом окне с `psql` загружать и тестировать эти функции. В таком случае удобно записывать функцию, используя `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Таким образом, можно легко загрузить файл для обновления определения функции. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION testfunc(integer) RETURNS integer AS $$
    ....
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

В `psql`, можно загрузить или перезагрузить такой файл определения функции, выполнив:

```
\i filename.sql
```

а затем сразу выполнять команды SQL для тестирования функции.

Ещё один хороший способ разрабатывать на PL/pgSQL связан с использованием GUI инструментов, облегчающих разработку на процедурном языке. Один из примеров такого инструмента `pgAdmin`, хотя есть и другие. Такие инструменты часто предоставляют удобные возможности, такие как экранирование одинарных кавычек, отладка и повторное создание функций.

43.12.1. Обработка кавычек

Код функции на PL/pgSQL указывается в команде `CREATE FUNCTION` в виде строки. Если писать строку в обычном порядке, внутри одинарных кавычек, то любой символ одинарной кавычки должен быть удвоен, также как и должен быть удвоен каждый знак обратной косой черты (если используется синтаксис с экранированием в строках). Удвоение кавычек в лучшем случае утомительно, а в более сложных случаях код может стать совершенно непонятным, так как легко может потребоваться полудюжина или более кавычек идущих подряд. Вместо этого при создании тела функции рекомендуется использовать знаки доллара в качестве кавычек (см. Подраздел 4.1.2.4). При таком подходе никогда не потребуется дублировать кавычки, но придётся позаботиться о том, чтобы иметь разные доллары-разделители для каждого уровня вложенности. Например, команду `CREATE FUNCTION` можно записать так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION testfunc(integer) RETURNS integer AS $PROC$
    ....
$PROC$ LANGUAGE plpgsql;
```

Внутри можно использовать кавычки для простых текстовых строк и `$$` для разграничения фрагментов SQL-команды, собираемой из отдельных строк. Если нужно взять в кавычки текст, который включает `$$`, можно использовать `$Q$`, и так далее.

Следующая таблица показывает, как применяются знаки кавычек, если не используется экранирование долларами. Это может быть полезно при переводе кода, не использующего экранирование знаками доллара, в нечто более понятное.

1 кавычка

В начале и конце тела функции, например:

```
CREATE FUNCTION foo() RETURNS integer AS '
    ....
' LANGUAGE plpgsql;
```

Внутри такой функции любая кавычка *должна* дублироваться.

2 кавычки

Для строковых литералов внутри тела функции, например:

```
a_output := 'Blah';
SELECT * FROM users WHERE f_name='foobar';
```

При использовании знаков доллара можно просто написать:

```
a_output := 'Blah';
SELECT * FROM users WHERE f_name='foobar';
```

и именно это увидит исполнитель PL/pgSQL в обоих случаях.

4 кавычки

Когда нужны одинарные кавычки в строковой константе внутри тела функции, например:

```
a_output := a_output || ' AND name LIKE '''foobar''' AND xyz'
```

К a_output будет добавлено: AND name LIKE 'foobar' AND xyz

При использовании знаков доллара это записывается так:

```
a_output := a_output || $$ AND name LIKE 'foobar' AND xyz$$
```

будьте внимательны, при этом не должно быть внешнего долларового разделителя \$\$.

6 кавычек

Когда нужны одинарные кавычки в строковой константе внутри тела функции, при этом кавычки находятся в конце строковой константы. Например:

```
a_output := a_output || ' AND name LIKE '''foobar''''
```

К a_output будет добавлено: AND name LIKE 'foobar'.

При использовании знаков доллара это записывается так:

```
a_output := a_output || $$ AND name LIKE 'foobar'$$
```

10 кавычек

Когда нужны две одиночные кавычки в строковой константе (это уже 8 кавычек), примыкающие к концу строковой константы (ещё 2). Вероятно, такое может понадобиться при разработке функции, которая генерирует другие функции, как показано в Примере 43.10. Например:

```
a_output := a_output || ' if v_' ||
referrer_keys.kind || ' like '''
|| referrer_keys.key_string || '''
then return ''' || referrer_keys.referrer_type
|| '''; end if;';
```

Значение `a_output` затем будет:

```
if v_... like '...' then return '...'; end if;
```

При использовании знаков доллара:

```
a_output := a_output || $$ if v_$$ || referrer_keys.kind || $$ like '$$
|| referrer_keys.key_string || $$'
then return '$$ || referrer_keys.referrer_type
|| $$'; end if;$$;
```

где предполагается, что нужны только одиночные кавычки в `a_output`, так как потребуется повторное взятие в кавычки перед использованием.

43.12.2. Дополнительные проверки во время компиляции

Чтобы помочь найти и предупредить простые, но часто встречающиеся проблемы, PL/PgSQL предоставляет дополнительные *проверки*. Если они включены в конфигурации, то во время компиляции функций будут выдаваться дополнительные сообщения `WARNING` или ошибки `ERROR`. Функция, при компиляции которой выдавалось `WARNING`, при последующем выполнении не будет выдавать это сообщение и её можно протестировать в отдельной среде разработки.

Для включения этих проверок используются параметры конфигурации `plpgsql.extra_warnings` для предупреждений и `plpgsql.extra_errors` для ошибок. Каждому из параметров можно присвоить список значений, разделённый через запятую, значение `"none"` или `"all"`. По умолчанию используется `"none"`. В настоящий момент доступна только одна проверка:

`shadowed_variables`

Проверяет, что объявление новой переменной не скрывает ранее объявленную переменную.

Следующий пример показывает эффект от установки `plpgsql.extra_warnings` в значение `shadowed_variables`:

```
SET plpgsql.extra_warnings TO 'shadowed_variables';

CREATE FUNCTION foo(f1 int) RETURNS int AS $$
DECLARE
f1 int;
BEGIN
RETURN f1;
END
$$ LANGUAGE plpgsql;
WARNING:  variable "f1" shadows a previously defined variable
LINE 3: f1 int;
      ^
CREATE FUNCTION
```

43.13. Портирование из Oracle PL/SQL

В этом разделе рассматриваются различия между языками PostgreSQL PL/pgSQL и Oracle PL/SQL, чтобы помочь разработчикам, переносящим приложения из Oracle® в PostgreSQL.

PL/pgSQL во многих аспектах похож на PL/SQL. Это блочно-структурированный, императивный язык, в котором все переменные должны объявляться. Присвоения, циклы, условные операторы в обоих языках похожи. Основные отличия, которые необходимо иметь в виду при портировании с PL/SQL в PL/pgSQL, следующие:

- Если имя, используемое в SQL-команде, может быть как именем столбца таблицы, так и ссылкой на переменную функции, то PL/SQL считает, что это имя столбца таблицы. Это соответствует поведению PL/pgSQL при `plpgsql.variable_conflict = use_column`, что не является значением по умолчанию, как описано в Подразделе 43.11.1. В первую очередь, было бы пра-

вильно избегать таких двусмысленностей, но если требуется портировать большое количество кода, зависящее от данного поведения, то установка переменной `variable_conflict` может быть лучшим решением.

- В PostgreSQL тело функции должно быть записано в виде строки. Поэтому нужно использовать знак доллара в качестве кавычек или экранировать одиночные кавычки в теле функции. (См. Подраздел 43.12.1.)
- Имена типов данных часто требуют корректировки. Например, в Oracle строковые значения часто объявляются с типом `varchar2`, не являющимся стандартным типом SQL. В PostgreSQL вместо него нужно использовать `varchar` или `text`. Подобным образом, тип `number` нужно заменять на `numeric` или другой числовой тип, если найдётся более подходящий.
- Для группировки функций вместо пакетов используются схемы.
- Так как пакетов нет, нет и пакетных переменных. Это несколько раздражает. Вместо этого можно хранить состояние каждого сеанса во временных таблицах.
- Целочисленные циклы `FOR` с указанием `REVERSE` работают по-разному. В PL/SQL значение счётчика уменьшается от второго числа к первому, в то время как в PL/pgSQL счётчик уменьшается от первого ко второму. Поэтому при портировании нужно менять местами границы цикла. Это печально, но вряд ли будет изменено. (См. Подраздел 43.6.5.5.)
- Циклы `FOR` по запросам (не курсорам) также работают по-разному. Переменная цикла должна быть объявлена, в то время как в PL/SQL она объявляется неявно. Преимущество в том, что значения переменных доступны и после выхода из цикла.
- Существуют некоторые отличия в нотации при использовании курсорных переменных.

43.13.1. Примеры портирования

Пример 43.9 показывает, как портировать простую функцию из PL/SQL в PL/pgSQL.

Пример 43.9. Портирование простой функции из PL/SQL в PL/pgSQL

Функция Oracle PL/SQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_fmt_browser_version(v_name varchar2,
                                                    v_version varchar2)
RETURN varchar2 IS
BEGIN
    IF v_version IS NULL THEN
        RETURN v_name;
    END IF;
    RETURN v_name || '/' || v_version;
END;
/
show errors;
```

Пройдемся по этой функции и посмотрим различия по сравнению с PL/pgSQL:

- Имя типа `varchar2` нужно сменить на `varchar` или `text`. В примерах данного раздела мы будем использовать `varchar`, но обычно лучше выбрать `text`, если не требуется ограничивать длину строк.
- Ключевое слово `RETURN` в прототипе функции (не в теле функции) заменяется на `RETURNS` в PostgreSQL. Кроме того, `IS` становится `AS`, и нужно добавить предложение `LANGUAGE`, потому что PL/pgSQL — не единственный возможный язык.
- В PostgreSQL тело функции является строкой, поэтому нужно использовать кавычки или знаки доллара. Это заменяет завершающий `/` в подходе Oracle.
- Команда `show errors` не существует в PostgreSQL и не требуется, так как ошибки будут выводиться автоматически.

Вот как эта функция будет выглядеть после портирования в PostgreSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_fmt_browser_version(v_name varchar,  
                                                  v_version varchar)  
RETURNS varchar AS $$  
BEGIN  
    IF v_version IS NULL THEN  
        RETURN v_name;  
    END IF;  
    RETURN v_name || '/' || v_version;  
END;  
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Пример 43.10 показывает, как портировать функцию, которая создаёт другую функцию, и как обрабатывать проблемы с кавычками.

Пример 43.10. Портирование функции, создающей другую функцию, из PL/SQL в PL/pgSQL

Следующая процедура получает строки из `SELECT` и строит большую функцию, в целях эффективности возвращающую результат в операторах `IF`.

Версия Oracle:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_update_referrer_type_proc IS  
    CURSOR referrer_keys IS  
        SELECT * FROM cs_referrer_keys  
        ORDER BY try_order;  
    func_cmd VARCHAR(4000);  
BEGIN  
    func_cmd := 'CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_find_referrer_type(v_host IN VARCHAR2,  
        v_domain IN VARCHAR2, v_url IN VARCHAR2) RETURN VARCHAR2 IS BEGIN';  
  
    FOR referrer_key IN referrer_keys LOOP  
        func_cmd := func_cmd ||  
            ' IF v_' || referrer_key.kind  
            || ' LIKE ''' || referrer_key.key_string  
            || ''' THEN RETURN ''' || referrer_key.referrer_type  
            || '''; END IF;';  
    END LOOP;  
  
    func_cmd := func_cmd || ' RETURN NULL; END;';  
  
    EXECUTE IMMEDIATE func_cmd;  
END;  
/  
show errors;
```

В конечном итоге в PostgreSQL эта функция может выглядеть так:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_update_referrer_type_proc() AS $func$  
DECLARE  
    referrer_keys CURSOR IS  
        SELECT * FROM cs_referrer_keys  
        ORDER BY try_order;  
    func_body text;  
    func_cmd text;  
BEGIN  
    func_body := 'BEGIN';  
  
    FOR referrer_key IN referrer_keys LOOP  
        func_body := func_body ||
```

```

        ' IF v_' || referrer_key.kind
        || ' LIKE ' || quote_literal(referrer_key.key_string)
        || ' THEN RETURN ' || quote_literal(referrer_key.referrer_type)
        || '; END IF; ' ;
END LOOP;

func_body := func_body || ' RETURN NULL; END;';

func_cmd :=
    'CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_find_referrer_type(v_host varchar,
                                                    v_domain varchar,
                                                    v_url varchar)
      RETURNS varchar AS '
    || quote_literal(func_body)
    || ' LANGUAGE plpgsql;' ;

EXECUTE func_cmd;
END;
$func$ LANGUAGE plpgsql;
```

Обратите внимание, что тело функции строится отдельно, с использованием `quote_literal` для удвоения кавычек. Эта техника необходима, потому что мы не можем безопасно использовать знаки доллара при определении новой функции: мы не знаем наверняка, какие строки будут вставлены из `referrer_key.key_string`. (Мы предполагаем, что `referrer_key.kind` всегда имеет значение из списка: `host`, `domain` или `url`, но `referrer_key.key_string` может быть чем угодно, в частности, может содержать знаки доллара.) На самом деле, в этой функции есть улучшение по сравнению с оригиналом Oracle, потому что не будет генерироваться неправильный код, когда `referrer_key.key_string` или `referrer_key.referrer_type` содержат кавычки.

Пример 43.11 показывает, как портировать функцию с выходными параметрами (OUT) и манипулирующую строками. В PostgreSQL нет встроенной функции `instr`, но её можно создать, используя комбинацию других функций. В Подраздел 43.13.3 приведена реализации `instr` на PL/pgSQL, которая может быть полезна вам при портировании ваших функций.

Пример 43.11. Портирование из PL/SQL в PL/pgSQL процедуры, которая манипулирует строками и содержит OUT параметры

Следующая процедура на языке Oracle PL/SQL разбирает URL и возвращает составляющие его элементы (сервер, путь и запрос).

Версия Oracle:

```

CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_parse_url(
    v_url IN VARCHAR2,
    v_host OUT VARCHAR2,  -- Возвращается как результат
    v_path OUT VARCHAR2,  -- И это тоже
    v_query OUT VARCHAR2) -- И это
IS
    a_pos1 INTEGER;
    a_pos2 INTEGER;
BEGIN
    v_host := NULL;
    v_path := NULL;
    v_query := NULL;
    a_pos1 := instr(v_url, '//');

    IF a_pos1 = 0 THEN
        RETURN;
    END IF;
    a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
```

```
IF a_pos2 = 0 THEN
    v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
    v_path := '/';
    RETURN;
END IF;

v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
a_pos1 := instr(v_url, '?', a_pos2 + 1);

IF a_pos1 = 0 THEN
    v_path := substr(v_url, a_pos2);
    RETURN;
END IF;

v_path := substr(v_url, a_pos2, a_pos1 - a_pos2);
v_query := substr(v_url, a_pos1 + 1);
END;
/
show errors;
```

Вот возможная трансляция в PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION cs_parse_url(
    v_url IN VARCHAR,
    v_host OUT VARCHAR, -- Возвращается как результат
    v_path OUT VARCHAR, -- И это тоже
    v_query OUT VARCHAR) -- И это
AS $$
DECLARE
    a_pos1 INTEGER;
    a_pos2 INTEGER;
BEGIN
    v_host := NULL;
    v_path := NULL;
    v_query := NULL;
    a_pos1 := instr(v_url, '//');

    IF a_pos1 = 0 THEN
        RETURN;
    END IF;
    a_pos2 := instr(v_url, '/', a_pos1 + 2);
    IF a_pos2 = 0 THEN
        v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2);
        v_path := '/';
        RETURN;
    END IF;

    v_host := substr(v_url, a_pos1 + 2, a_pos2 - a_pos1 - 2);
    a_pos1 := instr(v_url, '?', a_pos2 + 1);

    IF a_pos1 = 0 THEN
        v_path := substr(v_url, a_pos2);
        RETURN;
    END IF;

    v_path := substr(v_url, a_pos2, a_pos1 - a_pos2);
    v_query := substr(v_url, a_pos1 + 1);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Эту функцию можно использовать так:

```
SELECT * FROM cs_parse_url('http://foobar.com/query.cgi?baz');
```

Пример 43.12 показывает, как портировать процедуру, использующую большое количество специфических для Oracle возможностей.

Пример 43.12. Портирование процедуры из PL/SQL в PL/pgSQL

Версия Oracle:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_create_job(v_job_id IN INTEGER) IS
    a_running_job_count INTEGER;
BEGIN
    LOCK TABLE cs_jobs IN EXCLUSIVE MODE;

    SELECT count(*) INTO a_running_job_count FROM cs_jobs WHERE end_stamp IS NULL;

    IF a_running_job_count > 0 THEN
        COMMIT; -- освободить блокировку
        raise_application_error(-20000,
            'Unable to create a new job: a job is currently running.');


END IF;



DELETE FROM cs_active_job;



INSERT INTO cs_active_job(job_id) VALUES (v_job_id);



BEGIN



INSERT INTO cs_jobs (job_id, start_stamp) VALUES (v_job_id, sysdate);



EXCEPTION



WHEN dup_val_on_index THEN NULL; -- ничего не делать, если задание уже есть



END;



COMMIT;



END;



/



show errors


```

Вот как эту процедуру можно переписать на PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE PROCEDURE cs_create_job(v_job_id integer) AS $$
DECLARE
    a_running_job_count integer;
BEGIN
    LOCK TABLE cs_jobs IN EXCLUSIVE MODE;

    SELECT count(*) INTO a_running_job_count FROM cs_jobs WHERE end_stamp IS NULL;

    IF a_running_job_count > 0 THEN
        COMMIT; -- освободить блокировку
        RAISE EXCEPTION 'Unable to create a new job: a job is currently running'; -- 1
    END IF;


DELETE FROM cs_active_job;



INSERT INTO cs_active_job(job_id) VALUES (v_job_id);



BEGIN



INSERT INTO cs_jobs (job_id, start_stamp) VALUES (v_job_id, now());



EXCEPTION



WHEN unique_violation THEN -- 2



-- ничего не делать, если задание уже есть



END;


```

```
COMMIT;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

- ❶ Синтаксис `RAISE` существенно отличается от Oracle, хотя основной вариант `RAISE имя_исключения` работает похоже.
- ❷ Имена исключений, поддерживаемые PL/pgSQL, отличаются от исключений в Oracle. Количество встроенных имён исключений значительно больше (см. Приложение А). В настоящее время нет способа задать пользовательское имя исключения, хотя вместо этого можно вызывать ошибку с заданным пользователем значением `SQLSTATE`.

43.13.2. На что ещё обратить внимание

В этом разделе рассматриваются ещё несколько вещей, на которые нужно обращать внимание при портировании функций из Oracle PL/SQL в PostgreSQL.

43.13.2.1. Неявный откат изменений после возникновения исключения

В PL/pgSQL при перехвате исключения в секции `EXCEPTION` все изменения в базе данных с начала блока автоматически откатываются. В Oracle это эквивалентно следующему:

```
BEGIN
    SAVEPOINT s1;
    ... здесь код ...
EXCEPTION
    WHEN ... THEN
        ROLLBACK TO s1;
        ... здесь код ...
    WHEN ... THEN
        ROLLBACK TO s1;
        ... здесь код ...
END;
```

При портировании процедуры Oracle, которая использует `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO` в таком же стиле, задача простая: достаточно убрать операторы `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO`. Если же `SAVEPOINT` и `ROLLBACK TO` используются по-другому, то придётся подумать.

43.13.2.2. EXECUTE

PL/pgSQL версия `EXECUTE` работает аналогично версии в PL/SQL, но нужно помнить об использовании `quote_literal` и `quote_ident`, как описано в Подразделе 43.5.4. Без использования этих функций конструкции типа `EXECUTE 'SELECT * FROM $1';` будут работать ненадёжно.

43.13.2.3. Оптимизация функций на PL/pgSQL

Для оптимизации исполнения PostgreSQL предоставляет два модификатора при создании функции: «изменчивость» (будет ли функция всегда возвращать тот же результат при тех же аргументах) и «строгость» (возвращает ли функция `NULL`, если хотя бы один из аргументов `NULL`). Для получения подробной информации обратитесь к справочной странице `CREATE FUNCTION`.

При использовании этих атрибутов оптимизации оператор `CREATE FUNCTION` может выглядеть примерно так:

```
CREATE FUNCTION foo(...) RETURNS integer AS $$
...
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;
```

43.13.3. Приложение

Этот раздел содержит код для совместимых с Oracle функций `instr`, которые можно использовать для упрощения портирования.

```
--
-- instr functions that mimic Oracle's counterpart
-- Syntax: instr(string1, string2 [, n [, m]])
-- where [] denotes optional parameters.
--
-- Search string1, beginning at the nth character, for the mth occurrence
-- of string2.  If n is negative, search backwards, starting at the abs(n)'th
-- character from the end of string1.
-- If n is not passed, assume 1 (search starts at first character).
-- If m is not passed, assume 1 (find first occurrence).
-- Returns starting index of string2 in string1, or 0 if string2 is not found.
--
```

```
CREATE FUNCTION instr(vchar, vchar) RETURNS integer AS $$
BEGIN
    RETURN instr($1, $2, 1);
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;
```

```
CREATE FUNCTION instr(string vchar, string_to_search_for vchar,
                      beg_index integer)
RETURNS integer AS $$
DECLARE
    pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
    temp_str vchar;
    beg integer;
    length integer;
    ss_length integer;
BEGIN
    IF beg_index > 0 THEN
        temp_str := substring(string FROM beg_index);
        pos := position(string_to_search_for IN temp_str);

        IF pos = 0 THEN
            RETURN 0;
        ELSE
            RETURN pos + beg_index - 1;
        END IF;
    ELSIF beg_index < 0 THEN
        ss_length := char_length(string_to_search_for);
        length := char_length(string);
        beg := length + 1 + beg_index;

        WHILE beg > 0 LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
            IF string_to_search_for = temp_str THEN
                RETURN beg;
            END IF;

            beg := beg - 1;
        END LOOP;

        RETURN 0;
    ELSE
        RETURN 0;
    END IF;
END IF;
```

```
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;

CREATE FUNCTION instr(string varchar, string_to_search_for varchar,
                      beg_index integer, occur_index integer)
RETURNS integer AS $$
DECLARE
    pos integer NOT NULL DEFAULT 0;
    occur_number integer NOT NULL DEFAULT 0;
    temp_str varchar;
    beg integer;
    i integer;
    length integer;
    ss_length integer;
BEGIN
    IF occur_index <= 0 THEN
        RAISE 'argument ''%'' is out of range', occur_index
        USING ERRCODE = '22003';
    END IF;

    IF beg_index > 0 THEN
        beg := beg_index - 1;
        FOR i IN 1..occur_index LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg + 1);
            pos := position(string_to_search_for IN temp_str);
            IF pos = 0 THEN
                RETURN 0;
            END IF;
            beg := beg + pos;
        END LOOP;

        RETURN beg;
    ELSIF beg_index < 0 THEN
        ss_length := char_length(string_to_search_for);
        length := char_length(string);
        beg := length + 1 + beg_index;

        WHILE beg > 0 LOOP
            temp_str := substring(string FROM beg FOR ss_length);
            IF string_to_search_for = temp_str THEN
                occur_number := occur_number + 1;
                IF occur_number = occur_index THEN
                    RETURN beg;
                END IF;
            END IF;
            beg := beg - 1;
        END LOOP;

        RETURN 0;
    ELSE
        RETURN 0;
    END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql STRICT IMMUTABLE;
```

Глава 44. PL/Tcl — процедурный язык Tcl

PL/Tcl — это загружаемый процедурный язык для СУБД PostgreSQL, позволяющий использовать язык *Tcl* для написания функций PostgreSQL.

44.1. Обзор

PL/Tcl предоставляет большинство возможностей, которые имеет разработчик функций на C, с небольшими ограничениями, и позволяет применять мощные библиотеки обработки строк, существующие для Tcl.

Одним убедительным *хорошим* ограничением является то, что весь код выполняется в контексте безопасности интерпретатора Tcl. Помимо ограниченного набора команд безопасного Tcl, разрешены только несколько команд для обращения к базе данных через SPI и вызовы `elog()` для выдачи сообщений. PL/Tcl не даёт возможности взаимодействовать с внутренним механизмом сервера баз данных или обращаться к ОС с правами серверного процесса PostgreSQL, что возможно в функциях на C. Таким образом, использование этого языка можно доверить непривилегированным пользователям; это не даст им неограниченные полномочия.

Ещё одно существенное ограничение заключается в том, что функции на Tcl нельзя использовать для создания функций ввода/вывода для новых типов данных.

Иногда возникает желание написать функцию на Tcl, которая не будет ограничена безопасным Tcl. Например, может потребоваться функция, которая будет посылать сообщения по почте. Для этих случаев есть вариация PL/Tcl, названная PL/TclU (название подразумевает «untrusted Tcl», недоверенный Tcl). Это тот же язык, за исключением того, что для него используется полноценный интерпретатор Tcl. *Если применяется PL/TclU, он должен быть установлен как недоверенный процедурный язык*, чтобы только суперпользователи могли создавать функции на нём. Автор функции на PL/TclU должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных.

Разделяемый объектный код для обработчиков вызова PL/Tcl и PL/TclU собирается автоматически и устанавливается в каталог библиотек PostgreSQL, если поддержка Tcl включена на этапе конфигурирования процедуры установки. Чтобы установить PL/Tcl и/или PL/TclU в конкретную базу данных, воспользуйтесь командой `CREATE EXTENSION`, например, так: `CREATE EXTENSION pltcl` или `CREATE EXTENSION pltclu`.

44.2. Функции на PL/Tcl и их аргументы

Чтобы создать функцию на языке PL/Tcl, используйте стандартный синтаксис `CREATE FUNCTION`:

```
CREATE FUNCTION имя_функции (типы_аргументов) RETURNS тип_результата AS $$
    # Тело функции на PL/Tcl
$$ LANGUAGE pltcl;
```

С PL/TclU команда та же, но в качестве языка должно быть указано `pltclu`.

Тело функции содержит просто скрипт на Tcl. Когда вызывается функция, значения аргументов передаются скрипту Tcl в виде переменных с именами `1 ... n`. Результат из кода Tcl возвращается как обычно, оператором `return`. В процедуре значение, возвращаемое из кода Tcl, игнорируется.

Например, функцию, возвращающую большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION tcl_max(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {$1 > $2} {return $1}
    return $2
$$ LANGUAGE pltcl STRICT;
```

Обратите внимание на предложение `STRICT`, которое избавляет нас от необходимости думать о входящих значениях `NULL`: если при вызове передаётся значение `NULL`, функция не будет выполняться вовсе, будет сразу возвращён результат `NULL`.

В нестрогой функции, если фактическое значение аргумента — NULL, соответствующей переменной $\$n$ будет присвоена пустая строка. Чтобы определить, был ли передан NULL в определённом аргументе, используйте функцию `argisnull`. Например, предположим, что нам нужна функция `tcl_max`, которая с одним аргументом NULL и вторым аргументом не NULL должна возвращать не NULL, а второй аргумент:

```
CREATE FUNCTION tcl_max(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {[argisnull 1]} {
        if {[argisnull 2]} { return_null }
        return $2
    }
    if {[argisnull 2]} { return $1 }
    if {$1 > $2} {return $1}
    return $2
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Как показано выше, чтобы вернуть значение NULL из функции PL/Tcl, нужно выполнить `return_null`. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

Аргументы составного типа передаются функции в виде массивов Tcl. Именами элементов массива являются имена атрибутов составного типа. Если атрибут в переданной строке имеет значение NULL, он будет отсутствовать в данном массиве. Например:

```
CREATE TABLE employee (
    name text,
    salary integer,
    age integer
);

CREATE FUNCTION overpaid(employee) RETURNS boolean AS $$
    if {200000.0 < $1(salary)} {
        return "t"
    }
    if {$1(age) < 30 && 100000.0 < $1(salary)} {
        return "t"
    }
    return "f"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Функции PL/Tcl могут возвращать и результаты составного типа. Для этого код на Tcl должен вернуть список пар имя/значение столбца, соответствующий ожидаемому типу результата. Столбцы, имена которых в этом списке отсутствуют, получают значения NULL, а если в списке указано имя несуществующего столбца, возникнет ошибка. Например:

```
CREATE FUNCTION square_cube(in int, out squared int, out cubed int) AS $$
    return [list squared [expr {$1 * $1}] cubed [expr {$1 * $1 * $1}]]
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Выходные аргументы процедур возвращаются таким же образом. Например:

```
CREATE PROCEDURE tcl_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
    return [list a [expr {$1 * 3}] b [expr {$2 * 3}]]
$$ LANGUAGE pltcl;

CALL tcl_triple(5, 10);
```

Подсказка

Список результатов можно создать из желаемого кортежа, представленного в виде массива, с помощью команды `array get` языка Tcl. Например:

```
CREATE FUNCTION raise_pay(employee, delta int) RETURNS employee AS $$
    set 1(salary) [expr {$1(salary) + $2}]
    return [array get 1]
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Функции PL/Tcl могут возвращать наборы результатов. Для этого код на Tcl должен вызывать `return_next` для каждой возвращаемой строки, передавая ей соответствующее значение, когда возвращается скалярный тип, или список пар имя/значение столбца, когда возвращается составной тип. Пример с результатом скалярного типа:

```
CREATE FUNCTION sequence(int, int) RETURNS SETOF int AS $$
    for {set i $1} {$i < $2} {incr i} {
        return_next $i
    }
$$ LANGUAGE pltcl;
```

и с результатом составного:

```
CREATE FUNCTION table_of_squares(int, int) RETURNS TABLE (x int, x2 int) AS $$
    for {set i $1} {$i < $2} {incr i} {
        return_next [list x $i x2 [expr {$i * $i}]]
    }
$$ LANGUAGE pltcl;
```

44.3. Значения данных в PL/Tcl

Значения аргументов, передаваемые в код функции PL/Tcl, представляют собой просто входные аргументы, преобразованные в текстовый вид (так же, как при выводе оператором `SELECT`). И наоборот, команды `return` и `return_next` примут любую строку, соответствующую формату ввода для объявленного типа результата функции или заданного столбца в результате составного типа.

44.4. Глобальные данные в PL/Tcl

Иногда полезно иметь некоторые глобальные данные, сохраняемые между двумя вызовами функции или совместно используемые разными функциями. Это легко сделать в PL/Tcl, но есть некоторые ограничения, которые необходимо понимать.

По соображениям безопасности, PL/Tcl выполняет функции, вызываемые некоторой ролью SQL в отдельном интерпретаторе Tcl, выделенном для этой роли. Это предотвращает случайное или злонамеренное влияние одного пользователя на поведение функций PL/Tcl другого пользователя. В каждом интерпретаторе будут свои значения всех «глобальных» переменных Tcl. Таким образом, в двух функциях PL/Tcl будут общие глобальные переменные, только если они выполняются одной ролью SQL. В приложении, выполняющем код в одном сеансе с разными ролями SQL (вызывающем функции `SECURITY DEFINER`, использующем команду `SET ROLE` и т. д.) может понадобиться явно предпринять дополнительные меры, чтобы функции могли разделять свои данные. Для этого сначала установите для функций, которые должны взаимодействовать, одного владельца, а затем задайте для них свойство `SECURITY DEFINER`. Разумеется, при этом нужно позаботиться о том, чтобы эти функции не могли сделать ничего непредусмотренного.

Все функции PL/TclU, вызываемые в одном сеансе, выполняются одним интерпретатором Tcl, который, конечно, отличается от интерпретатора(ов), используемого для функций PL/Tcl. Поэтому глобальные данные функций PL/TclU автоматически становятся общими. Это не считается угрозой безопасности, так как все функции PL/TclU выполняются на одном уровне доверия, а именно уровне суперпользователя базы данных.

Чтобы защитить функции PL/Tcl от непреднамеренного влияния друг на друга, каждой из них предоставляется глобальная переменная-массив через команду `upvar`. Глобальным именем этой переменной является внутреннее имя функции, а в качестве локального выбрано `GD`. Переменную `GD` рекомендуется использовать для постоянных внутренних данных функции. Обычные глобаль-

ные переменные Tcl следует использовать только для значений, которые предназначены именно для совместного использования несколькими функциями. (Заметьте, что массивы GD являются глобальными только для конкретного интерпретатора, так что они не нарушают ограничения безопасности, описанные выше.)

Использование GD демонстрируется в примере `spi_execsp`, приведённом ниже.

44.5. Обращение к базе данных из PL/Tcl

Для обращения к базе данных из тела функции на PL/Tcl предназначены следующие команды:

`spi_exec ?-count n? ?-array имя? команда ?тело-цикла?`

Выполняет команду SQL, заданную в виде строки. В случае ошибки в этой команде выдаётся ошибка в Tcl. В противном случае `spi_exec` возвращает число обработанных командой строк (выбранных, добавленных, изменённых или удалённых), либо ноль, если эта команда — служебный оператор. Кроме того, если команда — оператор `SELECT`, значения выбранных столбцов помещаются в переменные Tcl, как описано ниже.

Необязательное значение `-count` задаёт для `spi_exec` максимальное число строк, которое должно быть обработано в команде. Его действие можно представить как выполнение `FETCH n` для курсора, предварительно подготовленного для команды.

Если в качестве команды выполняется оператор `SELECT`, значения результирующих столбцов помещаются в переменные Tcl, названные по именам столбцов. Если передаётся `-array`, значения столбцов вместо этого становятся элементами названного ассоциативного массива, индексами в котором становятся имена столбцов. Кроме того, в элементе с именем `«.tupno»` сохраняется номер текущей строки в результирующем наборе (отсчитывая от нуля), если только это имя не занято одним из столбцов результата.

Если в качестве команды выполняется `SELECT` без указания скрипта *тело-цикла*, в переменных Tcl или элементах массива сохраняется только первая строка результатов; оставшиеся строки (если они есть), игнорируются. Если запрос не возвращает строки, не сохраняется ничего. (Этот случай можно отследить, проверив результат `spi_exec`.) Например, команда:

```
spi_exec "SELECT count(*) AS cnt FROM pg_proc"
```

присвоит переменной `$cnt` в Tcl число строк, содержащихся в системном каталоге `pg_proc`.

Если передаётся необязательный аргумент *тело-цикла*, заданный в нём блок скрипта Tcl будет выполняться для каждой строки результата запроса. (Аргумент *тело-цикла* игнорируется, если целевая команда — не `SELECT`.) При этом значения столбцов текущей строки сохраняются в переменных Tcl или элементах массива перед каждой итерацией этого цикла. Например, код:

```
spi_exec -array C "SELECT * FROM pg_class" {
    eelog DEBUG "have table ${C(relname)}"
}
```

будет выводить в журнал сообщение для каждой строки `pg_class`. Это работает подобно другим конструкциям циклов в Tcl; в частности, команды `continue` и `break` в теле цикла будут действовать обычным образом.

Если в столбце результата запроса выдаётся `NULL`, целевая переменная для неё не устанавливается, и оказывается «неустановленной».

`spi_prepare запрос список-типов`

Подготавливает и сохраняет план запроса для последующего выполнения. Сохранённый план будет продолжать существование до завершения текущего сеанса.

Запрос может принимать параметры, то есть местозаполнители для значений, которые будут передаваться, когда план будет собственно выполняться. В строке запроса эти параметры обозначаются как `$1 ... $n`. Если в запросе используются параметры, нужно задать имена типов

этих параметров в виде списка Tcl. (Если параметры отсутствуют, задайте пустой *список_типов*.)

Функция `spi_prepare` возвращает идентификатор запроса, который может использоваться в последующих вызовах `spi_execp`. Пример приведён в описании `spi_execp`.

`spi_execp` *?-count* *n*? *?-array* *имя*? *?-nulls* *строка*? *ид-запроса* *?список-значений*? *?тело-цикла*?

Выполняет запрос, ранее подготовленный функцией `spi_prepare`. В качестве *ид_запроса* передаётся идентификатор, возвращённый функцией `spi_prepare`. Если в запросе задействуются параметры, необходимо указать *список-значений*. Это должен быть принятый в Tcl список параметров. Он должен иметь ту же длину, что и список типов параметров, ранее переданный `spi_prepare`. Опустите *список-значений*, если у запроса нет параметров.

Необязательный аргумент `-nulls` принимает строку из пробелов и символов 'n', которые отмечают, в каких параметрах `spi_execp` передаются значения NULL. Если присутствует, эта строка должна иметь ту же длину, что и *список-значений*. В случае её отсутствия значения всех параметров считаются отличными от NULL.

Не считая отличий в способе передачи запроса и параметров, `spi_execp` работает так же, как `spi_exec`. Параметры `-count`, `-array` и *тело-цикла* задаются так же, и так же передаётся возвращаемое значение.

Взгляните на пример функции на PL/Tcl, использующей подготовленный план:

```
CREATE FUNCTION t1_count(integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if {[ info exists GD(plan) ]} {
        # подготовить сохранённый план при первом вызове
        set GD(plan) [ spi_prepare \
            "SELECT count(*) AS cnt FROM t1 WHERE num >= \ $1 AND num <= \ $2" \
            [ list int4 int4 ] ]
    }
    spi_execp -count 1 $GD(plan) [ list $1 $2 ]
    return $cnt
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Обратные косые черты внутри строки запроса, передаваемой функции `spi_prepare`, нужны для того, чтобы маркеры *\$n* передавались функции `spi_prepare` как есть, а не заменялись при подстановке переменных Tcl.

`spi_lastoid`

Возвращает OID строки, вставленной последней командой `spi_exec` или `spi_execp`, если этой командой был оператор `INSERT` с одной строкой и изменяемая таблица содержит OID. (В противном случае вы получите ноль.)

`subtransaction` *команда*

Скрипт Tcl, который содержит *команда*, выполняется в подтранзакции SQL. Если этот скрипт возвращает ошибку, вся подтранзакция откатывается назад, а затем в окружающий код Tcl возвращается ошибка. За дополнительными подробностями и примером обратитесь к Разделу 44.9.

`quote` *строка*

Дублирует все вхождения апострофа и обратной косой черты в заданной строке. Это можно использовать для защиты строк, которые будут вставляться в команды SQL, передаваемые в `spi_exec` или `spi_prepare`. Например, представьте, что при выполнении такой команды SQL:

```
"SELECT '$val' AS ret"
```

переменная языка Tcl `val` содержит `doesn't`. Это приведёт к формированию такой окончательной строки команды:

```
SELECT 'doesn't' AS ret
```

при разборе которой в процессе `spi_exec` или `spi_prepare` возникнет ошибка. Чтобы этот запрос работал правильно, итоговая команда должна выглядеть так:

```
SELECT 'doesn't' AS ret
```

Получить её в PL/Tcl можно так:

```
"SELECT '[ quote $val ]' AS ret"
```

Преимуществом `spi_execp` является то, что для неё заключать значения параметров в кавычки подобным образом не нужно, так как параметры никогда не разбираются в составе строки команды SQL.

elog уровень сообщение

Выдаёт служебное сообщение или сообщение об ошибке. Возможные уровни сообщений: `DEBUG` (ОТЛАДКА), `LOG` (СООБЩЕНИЕ), `INFO` (ИНФОРМАЦИЯ), `NOTICE` (ЗАМЕЧАНИЕ), `WARNING` (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ), `ERROR` (ОШИБКА) и `FATAL` (ВАЖНО). С уровнем `ERROR` выдаётся ошибка; если она не перехватывается окружающим кодом Tcl, она распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. По сути то же самое делает команда `error` языка Tcl. Сообщение уровня `FATAL` прерывает транзакцию и приводит к завершению текущего сеанса. (Вероятно, нет обоснованной причины использовать этот уровень ошибок в функциях PL/Tcl, но он поддерживается для полноты.) При использовании других уровней происходит просто вывод сообщения с заданным уровнем важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиенту и/или записываться в журнал, определяется конфигурационными переменными `log_min_messages` и `client_min_messages`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19 и Разделу 44.8.

44.6. Триггерные функции на PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать триггерные функции. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая будет вызываться как триггерная, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело функции в следующих переменных:

`$TG_name`

Имя триггера из оператора `CREATE TRIGGER`.

`$TG_relid`

Идентификатор объекта таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_table_name`

Имя таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_table_schema`

Схема таблицы, для которой будет вызываться триггерная функция.

`$TG_relatts`

Список языка Tcl, содержащий имена столбцов таблицы. В начало списка добавлен пустой элемент, поэтому при поиске в этом списке имени столбца с помощью стандартной в Tcl команды `lsearch` будет возвращён номер элемента, начиная с 1, так же, как нумеруются столбцы в PostgreSQL. (В позициях удалённых столбцов также содержатся пустые элементы, так что нумерация следующих за ними атрибутов не нарушается.)

`$TG_when`

Строка `BEFORE`, `AFTER` или `INSTEAD OF`, в зависимости от типа события триггера.

\$TG_level

Строка ROW или STATEMENT, в зависимости от уровня события триггера.

\$TG_op

Строка INSERT, UPDATE, DELETE или TRUNCATE, в зависимости от действия события триггера.

\$NEW

Ассоциативный массив, содержащий значения новой строки таблицы для действий INSERT или UPDATE, либо пустой массив для DELETE. Индексами в массиве являются имена столбцов. Столбцы со значениями NULL в нём отсутствуют. Для триггеров уровня оператора этот массив не определяется.

\$OLD

Ассоциативный массив, содержащий значения старой строки таблицы для действий UPDATE или DELETE, либо пустой массив для INSERT. Индексами в массиве являются имена столбцов. Столбцы со значениями NULL в нём отсутствуют. Для триггеров уровня оператора этот массив не определяется.

\$args

Список на языке Tcl аргументов функции, заданных в операторе CREATE TRIGGER. Эти аргументы также доступны под обозначениями \$1 ... \$n в теле функции.

Возвращаемым значением триггерной функции может быть строка OK или SKIP либо список пар имя столбца/значение. Если возвращается значение OK, операция (INSERT/UPDATE/DELETE), которая привела к срабатыванию триггера, выполняется нормально. Значение SKIP указывает менеджеру триггеров просто пропустить эту операцию с текущей строкой данных. Если возвращается список, через него PL/Tcl передаёт менеджеру триггеров изменённую строку; содержимое изменённой строки задаётся именами и значениями столбцов в списке. Все столбцы, не перечисленные в этом списке, получают значения NULL. Возвращать изменённую строку имеет смысл только для триггеров уровня строки с порядком BEFORE команд INSERT и UPDATE, в которых вместо заданной в \$NEW будет записываться изменённая строка; либо с порядком INSTEAD OF команд INSERT и UPDATE, в которых возвращаемая строка служит исходными данными для предложений INSERT RETURNING или UPDATE RETURNING. В триггерах уровня строки с порядком BEFORE или INSTEAD OF команды DELETE возврат изменённой строки воспринимается так же, как и возврат значения OK, то есть операция выполняется. Для всех остальных типов триггеров возвращаемое значение игнорируется.

Подсказка

Список результатов можно создать из изменённого кортежа, представленного в виде массива, с помощью команды array get языка Tcl.

Следующий небольшой пример показывает триггерную функцию, которая ведёт в таблице целочисленный счётчик числа изменений, выполненных в строке. Для новых строк счётчик инициализируется нулевым значением, а затем увеличивается на единицу при каждом изменении.

```
CREATE FUNCTION trigfunc_modcount() RETURNS trigger AS $$
    switch $TG_op {
        INSERT {
            set NEW($1) 0
        }
        UPDATE {
            set NEW($1) $OLD($1)
            incr NEW($1)
        }
        default {
```

```

        return OK
    }
}
return [array get NEW]
$$ LANGUAGE pltcl;

```

```
CREATE TABLE mytab (num integer, description text, modcnt integer);
```

```
CREATE TRIGGER trig_mytab_modcount BEFORE INSERT OR UPDATE ON mytab
FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION trigfunc_modcount('modcnt');
```

Заметьте, что сама триггерная функция не знает имени столбца; оно передаётся в аргументах триггера. Это позволяет применять эту функцию для различных таблиц.

44.7. Функции событийных триггеров в PL/Tcl

На PL/Tcl можно написать функции событийных триггеров. PostgreSQL требует, чтобы функция, которая будет вызываться как событийный триггер, была объявлена как функция без аргументов и возвращала тип `event_trigger`.

Информация от менеджера триггеров передаётся в тело функции в следующих переменных:

`$TG_event`

Имя события, при котором срабатывает этот триггер.

`$TG_tag`

Тег команды, для которой срабатывает этот триггер.

Возвращаемое значение триггерной функции игнорируется.

В этом примере мини-функция событийного триггера просто выдаёт замечание (`NOTICE`) при каждом выполнении поддерживаемой команды:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION tclsnitch() RETURNS event_trigger AS $$
    elog NOTICE "tclsnitch: $TG_event $TG_tag"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

```
CREATE EVENT TRIGGER tcl_a_snitch ON ddl_command_start EXECUTE FUNCTION tclsnitch();
```

44.8. Обработка ошибок в PL/Tcl

Tcl-код, содержащийся или вызываемый из функции PL/Tcl, может выдавать ошибку либо выполняя недопустимую операцию, либо генерируя ошибку с помощью команды `error` языка Tcl или команды `elog` языка PL/Tcl. Такие ошибки могут быть перехвачены в среде Tcl с помощью команды `Tcl catch`. Если ошибка не перехватывается, а распространяется выше уровня выполнения функций PL/Tcl, она передаётся в запрос, вызвавший функцию, как ошибка SQL.

И напротив, ошибки СУБД, возникающие внутри команд `spi_exec`, `spi_prepare` и `spi_execsp` в среде PL/Tcl, выдаются как ошибки Tcl, так что их можно перехватить командой `Tcl catch`. (Каждая из этих команд PL/Tcl выполняет SQL-операцию в подтранзакции, которая откатывается в случае ошибки, так что для частично завершённых операций производится автоматическая очистка.) Опять же, если ошибка не перехватывается и распространяется выше верхнего уровня, она становится ошибкой SQL.

В Tcl имеется переменная `errorCode`, представляющая дополнительную информацию об ошибке в виде, удобном для обработки в программах на Tcl. Эта информация передаётся в формате списка Tcl, первое слово в котором указывает на подсистему или библиотеку, выдающую ошибку; последующее содержимое определяется в зависимости от подсистемы или библиотеки. Для ошибок СУБД, возникающих в командах PL/Tcl, первым словом будет `POSTGRES`, вторым — номер версии PostgreSQL, а дополнительные слова представляют пары имя/значение, передающие подробную

информацию об ошибке. В этих парах всегда передаются поля `SQLSTATE`, `condition` и `message` (первые два представляют код ошибки и имя условия, как описано в Приложении А). Также могут передаваться поля `detail`, `hint`, `context`, `schema`, `table`, `column`, `datatype`, `constraint`, `statement`, `cursor_position`, `filename`, `lineno` и `funcname`.

С информацией в переменной `errorCode` среды PL/Tcl удобно работать, загрузив переменную в массив, чтобы имена полей стали индексами в массиве. Пример такого кода:

```
if {[catch { spi_exec $sql_command }]} {
    if {[lindex $::errorCode 0] == "POSTGRES"} {
        array set errorArray $::errorCode
        if {$errorArray(condition) == "undefined_table"} {
            # разобраться с отсутствием таблицы
        } else {
            # разобраться с другими типами ошибок SQL
        }
    }
}
```

(Двойные двоеточия явно указывают, что переменная `errorCode` является глобальной.)

44.9. Явные подтранзакции в PL/Tcl

Перехват ошибок, произошедших при обращении к базе данных, как описано в Разделе 44.8, может привести к нежелательной ситуации, когда часть операций будет успешно выполнена, прежде чем произойдёт сбой. Данные останутся в несогласованном состоянии после обработки такой ошибки. PL/Tcl предлагает решение этой проблемы в форме явных подтранзакций.

Рассмотрите функцию, реализующую перевод денег между двумя счетами:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds() RETURNS void AS $$
    if [catch {
        spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
'joe'"
        spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
'mary'"
    } errmsg] {
        set result [format "error transferring funds: %s" $errmsg]
    } else {
        set result "funds transferred successfully"
    }
    spi_exec "INSERT INTO operations (result) VALUES ('[quote $result]')"
$$ LANGUAGE pltcl;
```

Если второй оператор `UPDATE` выдаст исключение, эта функция запишет в журнал сообщение об ошибке, но результат первого `UPDATE` будет тем не менее зафиксирован. Другими словами, денежные средства будут списаны со счёта Джо, но не поступят на счёт Мери. Это происходит потому, что каждый вызов `spi_exec` выполняется в отдельной подтранзакции, а откатывается только одна из подтранзакций.

В таких случаях вы можете обернуть несколько операций с базой данных в одну явную подтранзакцию, которая будет выполнена успешно или отменена как единое целое. Для этого в PL/Tcl есть команда `subtransaction`. С ней мы можем переписать нашу функцию так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds2() RETURNS void AS $$
    if [catch {
        subtransaction {
            spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
'joe'"
            spi_exec "UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
'mary'"
        }
    } errmsg] {
        set result [format "error transferring funds: %s" $errmsg]
    } else {
        set result "funds transferred successfully"
    }
    spi_exec "INSERT INTO operations (result) VALUES ('[quote $result]')"
$$ LANGUAGE pltcl;
```



```

    }
  } errmsg] {
    set result [format "error transferring funds: %s" $errmsg]
  } else {
    set result "funds transferred successfully"
  }
  spi_exec "INSERT INTO operations (result) VALUES ('[quote $result]')"
$$ LANGUAGE pltcl;

```

Заметьте, что и в этом случае нужно использовать `catch`. В противном случае ошибка распространится на верхний уровень функции, что не даст произвести желаемое добавление записи в таблицу `operations`. Команда `subtransaction` не перехватывает ошибки, она только обеспечивает откат всех операций с базой данных в своей области действия в случае ошибки.

Откат явной подтранзакции происходит в случае любых ошибок, сгенерированных вложенным кодом Tcl, а не только ошибок, возникающих при обращении к базе данных. Таким образом, обычное исключение Tcl, возникшее внутри команды `subtransaction`, также приведёт к откату подтранзакции. Однако при выходе из вложенного кода Tcl без ошибки (например, с помощью команды `return`) откат не производится.

44.10. Управление транзакциями

В процедуре, которая вызывается в коде верхнего уровня или в анонимном блоке кода (в команде `DO`), можно управлять транзакциями. Чтобы зафиксировать текущую транзакцию, выполните команду `commit`, а чтобы откатить — `rollback`. (Заметьте, что выполнить SQL-команды `COMMIT` или `ROLLBACK` через `spi_exec` или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```

CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE pltcl
AS $$
for {set i 0} {$i < 10} {incr i} {
  spi_exec "INSERT INTO test1 (a) VALUES ($i)"
  if {$i % 2 == 0} {
    commit
  } else {
    rollback
  }
}
$$;

CALL transaction_test1();

```

Транзакции не могут завершаться, когда имеется открытая явная подтранзакция.

44.11. Конфигурация PL/Tcl

В этом разделе описываются параметры конфигурации, влияющие на работу PL/Tcl.

```
pltcl.start_proc(string)
```

В этом параметре, если он не пуст, задаётся имя (возможно, дополненное схемой) функции на языке PL/Tcl без параметров, которая будет выполняться, когда для PL/Tcl будет создаваться новый экземпляр Tcl. Такая функция может выполнять инициализацию в рамках сеанса, например, загружать дополнительный код Tcl. Новый интерпретатор Tcl создаётся при первом выполнении какой-либо функции PL/Tcl в сеансе базы данных или когда требуется дополнительный интерпретатор из-за того, что функция PL/Tcl была вызвана новой ролью SQL.

Указанная функция должна быть написана на языке `pltcl` и не должна иметь свойство `SECURITY DEFINER`. (Благодаря этим ограничениям эта функция будет запускаться в интерпретаторе, который она должна инициализировать.) Текущий пользователь должен иметь право и на её выполнение тоже.

Если эта функция завершится ошибкой, эта ошибка прервёт вызов функции, которой потребовался новый интерпретатор, и распространится в вызывающий запрос, приводя к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. Любые действия, уже произведённые в среде Tcl, отменены не будут; однако этот интерпретатор более не будет использоваться. При следующей попытке использования этого языка последует повторная попытка инициализации со свежим интерпретатором Tcl.

Изменять этот параметр разрешено только суперпользователям. Хотя изменить его можно в рамках сеанса, такие изменения не повлияют на работу интерпретаторов Tcl, созданных ранее.

```
pltclu.start_proc (string)
```

Это параметр полностью аналогичен `pltcl.start_proc`, но применяется к PL/TclU. Указанная функция должна быть написана на языке `pltclu`.

44.12. Имена процедур Tcl

В PostgreSQL одно имя функции может использоваться разными определениями функций, если они имеют разное число и типы аргументов. Tcl, однако, требует, чтобы имена всех процедур различались. PL/Tcl решает эту проблему, устанавливая такие внутренние имена процедур Tcl, чтобы они включали в свой состав OID функции из системной таблицы `pg_proc`. Таким образом, функциям PostgreSQL с одним именем и разными типами аргументов так же будут соответствовать различные процедуры Tcl. Это обычно остаётся незамеченным для программиста PL/Tcl, но может проявиться при отладке.

Глава 45. PL/Perl — процедурный язык Perl

PL/Perl — это загружаемый процедурный язык, позволяющий реализовывать функции PostgreSQL на языке программирования Perl.

Основным преимуществом PL/Perl является то, что он позволяет применять в сохранённых функциях множество функций и операторов «перемалывания строк», имеющихся в Perl. Разобрать сложные строки на языке Perl может быть гораздо проще, чем используя строковые функции и управляющие структуры в PL/pgSQL.

Чтобы установить PL/Perl в определённую базу данных, выполните команду `CREATE EXTENSION plperl`.

Подсказка

Если язык устанавливается в `template1`, он будет автоматически установлен во все создаваемые впоследствии базы данных.

Примечание

Пользователи, имеющие дело с исходным кодом, должны явно включить сборку PL/Perl в процессе установки. (За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 16.) Пользователи двоичных пакетов могут найти PL/Perl в отдельном модуле.

45.1. Функции на PL/Perl и их аргументы

Чтобы создать функцию на языке PL/Perl, используйте стандартный синтаксис `CREATE FUNCTION`:

```
CREATE FUNCTION имя_функции (типы-аргументов) RETURNS тип-результата AS $$
# Тело функции на PL/Perl
$$ LANGUAGE plperl;
```

Тело функции содержит обычный код Perl. Фактически, код обвязки PL/Perl помещает этот код в подпрограмму Perl. Функция PL/Perl вызывается в скалярном контексте, так что она не может вернуть список. Не скалярные значения (массивы, записи и множества) можно вернуть по ссылке, как описывается ниже.

В процедуре PL/Perl возвращаемое из кода Perl значение игнорируется.

PL/Perl также поддерживает анонимные блоки кода, которые выполняются оператором `DO`:

```
DO $$
# Код PL/Perl
$$ LANGUAGE plperl;
```

Анонимный блок кода не принимает аргументы, а любое значение, которое он мог бы вернуть, отбрасывается. В остальном он работает подобно коду функции.

Примечание

Использовать вложенные именованные подпрограммы в Perl опасно, особенно если они обращаются к лексическим переменным в окружающей области. Так как функция PL/Perl оборачивается в подпрограмму, любая именованная функция внутри неё будет вложенной. Вообще гораздо безопаснее создавать анонимные подпрограммы и вызывать их по ссылке на код. Дополнительную информацию вы можете получить на странице руководства `man perldiag`, в описании ошибок `Variable "%s" will not stay shared` (Переменная "%s" не останется разделяемой) и `Variable "%s" is not available` (Пе-

ременная "%s" недоступна), либо найти в Интернете по ключевым словам «perl nested named subroutine» (perl вложенная именованная подпрограмма).

Синтаксис команды `CREATE FUNCTION` требует, чтобы тело функции было записано как строковая константа. Обычно для этого удобнее всего заключать строковую константу в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4). Если вы решите применять синтаксис спецпоследовательностей `Е''`, вам придётся дублировать апострофы (`'`) и обратную косую черту (`\`) в теле функции (см. Подраздел 4.1.2.1).

Аргументы и результат обрабатываются как и в любой другой подпрограмме на Perl: аргументы передаются в `@_`, а результирующим значением будет указанное в `return` или полученное в последнем выражении, вычисленном в функции.

Например, функцию, возвращающую большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION perl_max (integer, integer) RETURNS integer AS $$
    if ($_[0] > $_[1]) { return $_[0]; }
    return $_[1];
$$ LANGUAGE plperl;
```

Примечание

Аргументы будут преобразованы из кодировки базы данных в UTF-8 для использования в PL/Perl, а при выходе снова будут преобразованы из UTF-8 в кодировку базы данных.

Если функции передаётся `NULL`-значение SQL, значением аргумента в Perl станет «undefined». Показанное выше определение функции будет не очень хорошо обрабатывать значения `NULL` (в действительности они будут восприняты как нули). Мы могли бы добавить указание `STRICT` в это определение, чтобы PostgreSQL поступал немного разумнее: при передаче значения `NULL` функция вовсе не будет вызываться, будет сразу возвращён результат `NULL`. С другой стороны, мы могли бы проверить значения `undefined` в теле функции. Например, предположим, что нам нужна функция `perl_max`, которая с одним аргументом `NULL` и вторым аргументом не `NULL` должна возвращать не `NULL`, а второй аргумент:

```
CREATE FUNCTION perl_max (integer, integer) RETURNS integer AS $$
    my ($x, $y) = @_;
    if (not defined $x) {
        return undef if not defined $y;
        return $y;
    }
    return $x if not defined $y;
    return $x if $x > $y;
    return $y;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Как показано выше, чтобы выдать значение SQL `NULL`, нужно вернуть значение `undefined`. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

Всё в аргументах функции, что не является ссылкой, является строкой, то есть стандартным для PostgreSQL внешним текстовым представлением соответствующего типа данных. В случае с обычными числовыми или текстовыми типами, Perl просто воспринимает их должным образом, и программист, как правило, может об этом не думать. Однако в более сложных случаях может потребоваться преобразовать аргумент в форму, подходящую для использования в Perl. Например, для преобразования типа `bytea` в двоичное значение можно использовать функцию `decode_bytea`.

Аналогично, значения, передаваемые в PostgreSQL, должны быть в формате внешнего текстового представления. Например, для подготовки двоичных данных к возврату в значении `bytea` можно воспользоваться функцией `encode_bytea`.

Perl может возвращать массивы PostgreSQL как ссылки на массивы Perl. Например, так:

```
CREATE OR REPLACE function returns_array()
RETURNS text[][] AS $$
    return [['a"b', 'c,d'], ['e\\f', 'g']];
$$ LANGUAGE plperl;

select returns_array();
```

Perl передаёт массивы PostgreSQL как объект, сопоставленный с `PostgreSQL::InServer::ARRAY`. С этим объектом можно работать как со ссылкой на массив или строкой, что допускает обратную совместимость с кодом Perl, написанным для PostgreSQL версии до 9.1. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION concat_array_elements(text[]) RETURNS TEXT AS $$
    my $arg = shift;
    my $result = "";
    return undef if (!defined $arg);

    # в качестве ссылки на массив
    for (@$arg) {
        $result .= $_;
    }

    # также работает со строкой
    $result .= $arg;

    return $result;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT concat_array_elements(ARRAY['PL', '/', 'Perl']);
```

Примечание

Многомерные массивы представляются как ссылки на массивы меньшей размерности со ссылками — этот способ хорошо знаком каждому программисту на Perl.

Аргументы составного типа передаются функции как ссылки на хеши. Ключами хеша являются имена атрибутов составного типа. Например:

```
CREATE TABLE employee (
    name text,
    basesalary integer,
    bonus integer
);

CREATE FUNCTION empcomp(employee) RETURNS integer AS $$
    my ($emp) = @_;
    return $emp->{basesalary} + $emp->{bonus};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT name, empcomp(employee.*) FROM employee;
```

Функция на PL/Perl может вернуть результат составного типа, применяя тот же подход: вернуть ссылку на хеш с требуемыми атрибутами. Например, так:

```
CREATE TYPE testrowperl AS (f1 integer, f2 text, f3 text);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_row() RETURNS testrowperl AS $$
    return {f2 => 'hello', f1 => 1, f3 => 'world'};
$$ LANGUAGE plperl;
```

```
SELECT * FROM perl_row();
```

Столбцы объявленного типа результата, отсутствующие в хеше, будут возвращены как значения NULL.

Подобным образом в виде ссылки на хеш могут быть возвращены выходные аргументы процедуры:

```
CREATE PROCEDURE perl_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
    my ($a, $b) = @_;
    return {a => $a * 3, b => $b * 3};
$$ LANGUAGE plperl;

CALL perl_triple(5, 10);
```

Функции на PL/Perl могут также возвращать множества со скалярными или составными типами. Обычно желательно возвращать результат по одной строке, чтобы сократить время подготовки с одной стороны, и чтобы не потребовалось накапливать весь набор данных в памяти, с другой. Это можно реализовать с помощью функции `return_next`, как показано ниже. Заметьте, что после последнего вызова `return_next`, нужно поместить `return` или (что лучше) `return undef`.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set_int(int)
RETURNS SETOF INTEGER AS $$
    foreach (0..$_[0]) {
        return_next($_);
    }
    return undef;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set_int(5);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set()
RETURNS SETOF testrowperl AS $$
    return_next({ f1 => 1, f2 => 'Hello', f3 => 'World' });
    return_next({ f1 => 2, f2 => 'Hello', f3 => 'PostgreSQL' });
    return_next({ f1 => 3, f2 => 'Hello', f3 => 'PL/Perl' });
    return undef;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Для небольших наборов данных можно также вернуть ссылку на массив, содержащий скаляры, ссылки на массивы, либо ссылки на хеши для простых типов, типов массивов и составных типов, соответственно. Ниже приведена пара простых примеров, показывающих, как вернуть весь набор данных в виде ссылки на массив:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set_int(int) RETURNS SETOF INTEGER AS $$
    return [0..$_[0]];
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set_int(5);

CREATE OR REPLACE FUNCTION perl_set() RETURNS SETOF testrowperl AS $$
    return [
        { f1 => 1, f2 => 'Hello', f3 => 'World' },
        { f1 => 2, f2 => 'Hello', f3 => 'PostgreSQL' },
        { f1 => 3, f2 => 'Hello', f3 => 'PL/Perl' }
    ];
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM perl_set();
```

Если вы хотите использовать в своём коде `strict`, у вас есть несколько вариантов. Для временного глобального использования вы можете задать для `plperl.use_strict` значение `true` командой `SET`.

Это повлияет на компилируемые впоследствии функции PL/Perl, но не на функции, уже скомпилированные в текущем сеансе. Для постоянного глобального использования вы можете присвоить параметру `plperl.use_strict` значение `true` в файле `postgresql.conf`.

Для постоянного использования `strict` в определённых функциях вы можете просто написать:

```
use strict;
```

в начале тела этих функций.

Вы также можете использовать указания `feature` в `use`, если используете Perl версии 5.10.0 или новее.

45.2. Значения в PL/Perl

Значения аргументов, передаваемые в код функции PL/Perl, представляют собой просто входные аргументы, преобразованные в текстовый вид (так же, как при выводе оператором `SELECT`). И наоборот, команды `return` и `return_next` могут принять любую строку, соответствующую формату ввода для объявленного типа результата функции.

45.3. Встроенные функции

45.3.1. Обращение к базе данных из PL/Perl

Обращаться к самой базе данных из кода Perl можно, используя следующие функции:

```
spi_exec_query(запрос [, макс-строк])
```

`spi_exec_query` выполняет команду SQL и возвращает весь набор строк в виде ссылки на массив хешей. *Эту функцию следует использовать, только если вы знаете, что набор будет относительно небольшим.* Так выглядит пример запроса (`SELECT`) с дополнительно заданным максимальным числом строк:

```
$rv = spi_exec_query('SELECT * FROM my_table', 5);
```

Этот запрос возвращает не больше 5 строк из таблицы `my_table`. Если в `my_table` есть столбец `my_column`, получить его значение из строки `$i` результата можно следующим образом:

```
$foo = $rv->{rows}[$i]->{my_column};
```

Общее число строк, возвращённых запросом `SELECT`, можно получить так:

```
$nrows = $rv->{processed}
```

Так можно выполнить команду другого типа:

```
$query = "INSERT INTO my_table VALUES (1, 'test')";  
$rv = spi_exec_query($query);
```

Затем можно получить статус команды (например, `SPI_OK_INSERT`) следующим образом:

```
$res = $rv->{status};
```

Чтобы получить число затронутых строк, выполните:

```
$nrows = $rv->{processed};
```

Полный пример:

```
CREATE TABLE test (  
    i int,  
    v varchar  
);
```

```
INSERT INTO test (i, v) VALUES (1, 'first line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (2, 'second line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (3, 'third line');
INSERT INTO test (i, v) VALUES (4, 'immortal');

CREATE OR REPLACE FUNCTION test_munge() RETURNS SETOF test AS $$
    my $rv = spi_exec_query('select i, v from test;');
    my $status = $rv->{status};
    my $nrows = $rv->{processed};
    foreach my $rn (0 .. $nrows - 1) {
        my $row = $rv->{rows}[$rn];
        $row->{i} += 200 if defined($row->{i});
        $row->{v} =~ tr/A-Za-z/a-zA-Z/ if (defined($row->{v}));
        return_next($row);
    }
    return undef;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * FROM test_munge();
```

```
spi_query(команда)
spi_fetchrow(cursor)
spi_cursor_close(cursor)
```

Функции `spi_query` и `spi_fetchrow` применяются в паре, когда набор строк может быть очень большим или когда нужно возвращать строки по мере их поступления. Функция `spi_fetchrow` работает *только* с `spi_query`. Следующий пример показывает, как использовать их вместе:

```
CREATE TYPE foo_type AS (the_num INTEGER, the_text TEXT);

CREATE OR REPLACE FUNCTION lotsa_md5 (INTEGER) RETURNS SETOF foo_type AS $$
    use Digest::MD5 qw(md5_hex);
    my $file = '/usr/share/dict/words';
    my $t = localtime;
    elog(NOTICE, "opening file $file at $t" );
    open my $fh, '<', $file # здесь мы обращаемся к файлу!
        or elog(ERROR, "cannot open $file for reading: $!");
    my @words = <$fh>;
    close $fh;
    $t = localtime;
    elog(NOTICE, "closed file $file at $t");
    chomp(@words);
    my $row;
    my $sth = spi_query("SELECT * FROM generate_series(1,$_[0]) AS b(a)");
    while (defined ($row = spi_fetchrow($sth))) {
        return_next({
            the_num => $row->{a},
            the_text => md5_hex($words[rand @words])
        });
    }
    return;
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT * from lotsa_md5(500);
```

Обычно вызов `spi_fetchrow` нужно повторять, пока не будет получен результат `undef`, показывающий, что все строки уже прочитаны. Курсор, возвращаемый функцией `spi_query`, автоматически освобождается, когда `spi_fetchrow` возвращает `undef`. Если вы не хотите читать все строки, освободите курсор, выполнив `spi_cursor_close`, чтобы не допустить утечки памяти.


```
spi_prepare(команда, типы аргументов)
spi_query_prepared(план, аргументы)
spi_exec_prepared(план [, атрибуты], аргументы)
spi_freeplan(план)
```

Функции `spi_prepare`, `spi_query_prepared`, `spi_exec_prepared` и `spi_freeplan` реализуют ту же функциональность, но для подготовленных запросов. Функция `spi_prepare` принимает строку запроса с нумерованными местозаполнителями аргументов (`$1`, `$2` и т. д.) и список строк с типами аргументов:

```
$plan = spi_prepare('SELECT * FROM test WHERE id > $1 AND name = $2',
                    'INTEGER', 'TEXT');
```

План запроса, подготовленный вызовом `spi_prepare`, можно использовать вместо строки запроса либо в `spi_exec_prepared`, возвращающей тот же результат, что и `spi_exec_query`, либо в `spi_query_prepared`, возвращающей курсор так же, как `spi_query`, который затем можно передать в `spi_fetchrow`. В необязательном втором параметре `spi_exec_prepared` можно передать хеш с атрибутами; в настоящее время поддерживается только атрибут `limit`, задающий максимальное число строк, которое может вернуть запрос.

Подготовленные запросы хороши тем, что позволяют использовать единожды подготовленный план для неоднократного выполнения запроса. Когда план оказывается не нужен, его можно освободить, вызвав `spi_freeplan`:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION init() RETURNS VOID AS $$
    $_SHARED{my_plan} = spi_prepare('SELECT (now() + $1)::date AS now',
                                    'INTERVAL');
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION add_time( INTERVAL ) RETURNS TEXT AS $$
    return spi_exec_prepared(
        $_SHARED{my_plan},
        $_[0]
    )->{rows}->[0]->{now};
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION done() RETURNS VOID AS $$
    spi_freeplan( $_SHARED{my_plan});
    undef $_SHARED{my_plan};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT init();
SELECT add_time('1 day'), add_time('2 days'), add_time('3 days');
SELECT done();
```

```
    add_time | add_time | add_time
-----+-----+-----
2005-12-10 | 2005-12-11 | 2005-12-12
```

Заметьте, что параметры для `spi_prepare` обозначаются как `$1`, `$2`, `$3` и т. д., так что по возможности не записывайте строки запросов в двойных кавычках, чтобы не спровоцировать трудноуловимые ошибки.

Ещё один пример, иллюстрирующий использование необязательного параметра `spi_exec_prepared`:

```
CREATE TABLE hosts AS SELECT id, ('192.168.1.'||id)::inet AS address
                        FROM generate_series(1,3) AS id;

CREATE OR REPLACE FUNCTION init_hosts_query() RETURNS VOID AS $$
    $_SHARED{plan} = spi_prepare('SELECT * FROM hosts
```

```
WHERE address << $1', 'inet');

$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION query_hosts(inet) RETURNS SETOF hosts AS $$
    return spi_exec_prepared(
        $_SHARED{plan},
        {limit => 2},
        $_[0]
    )->{rows};
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION release_hosts_query() RETURNS VOID AS $$
    spi_freeplan($_SHARED{plan});
    undef $_SHARED{plan};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT init_hosts_query();
SELECT query_hosts('192.168.1.0/30');
SELECT release_hosts_query();

      query_hosts
-----
(1,192.168.1.1)
(2,192.168.1.2)
(2 rows)

spi_commit()
spi_rollback()
```

Эти функции фиксируют или откатывают текущую транзакцию. Они могут вызываться только в процедурах или в анонимных блоках кода (в команде DO), вызываемых из кода верхнего уровня. (Заметьте, что выполнить SQL-команды COMMIT или ROLLBACK через spi_exec_query или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plperl
AS $$
foreach my $i (0..9) {
    spi_exec_query("INSERT INTO test1 (a) VALUES ($i)");
    if ($i % 2 == 0) {
        spi_commit();
    } else {
        spi_rollback();
    }
}
$$;

CALL transaction_test1();
```

45.3.2. Вспомогательные функции в PL/Perl

`elog(уровень, сообщение)`

Выдаёт служебное сообщение или сообщение об ошибке. Возможные уровни сообщений: DEBUG (ОТЛАДКА), LOG (СООБЩЕНИЕ), INFO (ИНФОРМАЦИЯ), NOTICE (ЗАМЕЧАНИЕ), WARNING (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ) и ERROR (ОШИБКА). С уровнем ERROR выдаётся ошибка; если она не перехва-

тывается окружающим кодом Perl, она распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. По сути то же самое делает команда `die` языка Perl. При использовании других уровней происходит просто вывод сообщения с заданным уровнем важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиенту и/или записываться в журнал, определяется конфигурационными параметрами `log_min_messages` и `client_min_messages`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

`quote_literal(строка)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве текстовой строки в SQL-операторе. Включённые в неё апострофы и обратная косая черта при этом дублируются. Заметьте, что `quote_literal` возвращает `undef`, когда получает аргумент `undef`; если такие аргументы возможны, часто лучше использовать `quote_nullable`.

`quote_nullable(строка)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве текстовой строки в SQL-операторе; либо, если поступает аргумент `undef`, возвращает строку "NULL" (без кавычек). Символы апостроф и обратная косая черта дублируются должным образом.

`quote_ident(строка)`

Оформляет переданную строку для использования в качестве идентификатора в SQL-операторе. При необходимости идентификатор заключается в кавычки (например, если он содержит символы, недопустимые в открытом виде, или буквы в разном регистре). Если переданная строка содержит кавычки, они дублируются.

`decode_bytea(строка)`

Возвращает неформатированные двоичные данные, представленные содержимым заданной строки, которая должна быть закодирована как `bytea`.

`encode_bytea(строка)`

Возвращает закодированные в виде `bytea` двоичные данные, содержащиеся в переданной строке.

`encode_array_literal(массив)`

`encode_array_literal(массив, разделитель)`

Возвращает содержимое указанного массива в виде строки в формате массива (см. Подраздел 8.15.2). Возвращает значение аргумента неизменённым, если это не ссылка на массив. Разделитель элементов в строке массива по умолчанию — ", " (если разделитель не определён или `undef`).

`encode_typed_literal(значение, имя_типа)`

Преобразует переменную Perl в значение типа данных, указанного во втором аргументе, и возвращает строковое представление этого значения. Корректно обрабатывает вложенные массивы и значения составных типов.

`encode_array_constructor(массив)`

Возвращает содержимое переданного массива в виде строки в формате конструктора массива (см. Подраздел 4.2.12). Отдельные значения заключаются в кавычки функцией `quote_nullable`. Возвращает значение аргумента, заключённое в кавычки функцией `quote_nullable`, если аргумент — не ссылка на массив.

`looks_like_number(строка)`

Возвращает значение `true`, если содержимое переданной строки похоже на число, по правилам Perl, и `false` в обратном случае. Возвращает `undef` для аргумента `undef`. Ведущие и замыкающие

пробелы игнорируются. Строки `Inf` и `Infinity` считаются представляющими число (бесконечность).

`is_array_ref(аргумент)`

Возвращает значение `true`, если переданный аргумент можно воспринять как ссылку на массив, то есть это ссылка на `ARRAY` или `PostgreSQL::InServer::ARRAY`. В противном случае возвращает `false`.

45.4. Глобальные значения в PL/Perl

Вы можете использовать для хранения данных, включая ссылки на код, глобальный хеш `%_SHARED`. Эти данные будут сохраняться между вызовами функции на протяжении всего текущего сеанса.

Простой пример работы с разделяемыми данными:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION set_var(name text, val text) RETURNS text AS $$
    if ($_SHARED{$_[0]} = $_[1]) {
        return 'ok';
    } else {
        return "cannot set shared variable $_[0] to $_[1]";
    }
}
$$ LANGUAGE plperl;

CREATE OR REPLACE FUNCTION get_var(name text) RETURNS text AS $$
    return $_SHARED{$_[0]};
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT set_var('sample', 'Hello, PL/Perl!  How's tricks?');
SELECT get_var('sample');
```

Это чуть более сложный пример, в котором используется ссылка на код:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION myfuncs() RETURNS void AS $$
    $_SHARED{myquote} = sub {
        my $arg = shift;
        $arg =~ s/(['\\])/\\$1/g;
        return "$arg";
    };
$$ LANGUAGE plperl;

SELECT myfuncs(); /* инициализация функции */

/* Определение функции, использующей функцию заключения в кавычки */

CREATE OR REPLACE FUNCTION use_quote(TEXT) RETURNS text AS $$
    my $text_to_quote = shift;
    my $qfunc = $_SHARED{myquote};
    return &$qfunc($text_to_quote);
$$ LANGUAGE plperl;
```

(Код выше можно было бы упростить до однострочной команды `return $_SHARED{myquote}->($_[0]);` в ущерб читаемости.)

По соображениям безопасности, PL/Perl выполняет функции, вызываемые некоторой ролью SQL, в отдельном интерпретаторе Perl, выделенном для этой роли. Это предотвращает случайное или злонамеренное влияние одного пользователя на поведение функций PL/Perl другого пользователя. В каждом интерпретаторе будет своё значение переменной `%_SHARED` и собственное глобальное состояние. Таким образом, две функции PL/Perl будут разделять одно значение `%_SHARED`, только если они выполняются одной ролью SQL. В приложении, выполняющем код в одном сеансе с раз-

ными ролями SQL (вызывающем функции `SECURITY DEFINER`, использующем команду `SET ROLE` и т. д.) может понадобиться явно предпринять дополнительные меры, чтобы функции на PL/Perl могли разделять данные через `$_SHARED`. Для этого сначала установите для функций, которые должны взаимодействовать, одного владельца, а затем задайте для них свойство `SECURITY DEFINER`. Разумеется, при этом нужно позаботиться о том, чтобы эти функции не могли сделать ничего непредусмотренного.

45.5. Доверенный и недоверенный PL/Perl

Обычно PL/Perl устанавливается в базу данных как «доверенный» язык программирования с именем `plperl`. При этом в целях безопасности определённые операции в Perl запрещаются. Вообще говоря, запрещаются все операции, взаимодействующие с окружением. В том числе, это операции с файлами, `require` и `use` (для внешних модулей). Поэтому функции на PL/Perl, в отличие от функций на C, никаким образом не могут взаимодействовать с внутренними механизмами сервера баз данных или обращаться к операционной системе с правами серверного процесса. Вследствие этого, использовать этот язык можно разрешить любому непривилегированному пользователю баз данных.

В следующем примере показана функция, которая не будет работать, потому что операции с файловой системой запрещены по соображениям безопасности:

```
CREATE FUNCTION badfunc() RETURNS integer AS $$
  my $tmpfile = "/tmp/badfile";
  open my $fh, '>', $tmpfile
    or elog(ERROR, qq{could not open the file "$tmpfile": $!});
  print $fh "Testing writing to a file\n";
  close $fh or elog(ERROR, qq{could not close the file "$tmpfile": $!});
  return 1;
$$ LANGUAGE plperl;
```

Создать эту функцию не удастся, так как при проверке её правильности будет обнаружено использование запрещённого оператора.

Иногда возникает желание написать на Perl код, функциональность которого не будет ограничиваться. Например, может потребоваться функция на Perl, которая будет посылать почту. Для таких потребностей PL/Perl также можно установить как «недоверенный» язык (обычно его называют PL/PerlU). В этом случае будут доступны все возможности языка Perl. Устанавливая язык, укажите имя `plperlU`, чтобы выбрать недоверенную вариацию PL/Perl.

Автор функции на PL/PerlU должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных. Заметьте, что СУБД позволяет создавать функции на недоверенных языках только суперпользователям базы данных.

Если показанная выше функция будет создана суперпользователем, и при этом будет выбран язык `plperlU`, она выполнится успешно.

Таким же образом, в анонимном блоке кода на Perl разрешены абсолютно любые операции, если в качестве языка вместо `plperl` выбирается `plperlU`, но выполнять этот код должен суперпользователь.

Примечание

Тогда как функции на PL/Perl исполняются отдельными интерпретаторами Perl для каждой роли SQL, все функции на PL/PerlU, вызываемые в рамках сеанса, исполняются в одном интерпретаторе Perl (отличном от тех, что исполняют функции PL/Perl). Благодаря этому, функции PL/PerlU могут свободно разделять общие данные, но между функциями PL/Perl и PL/PerlU взаимодействие невозможно.

Примечание

Perl поддерживает работу нескольких интерпретаторов в одном процессе, только если он был собран с нужными флагами, а именно, с флагом `usemultiplicity` или с флагом `useithreads`. (В отсутствие веских причин использовать потоки предпочтительным является вариант `usemultiplicity`. Дополнительную информацию вы можете получить на странице `man perlembed`.) При использовании PL/Perl с версией Perl, собранной без этих флагов, в рамках сеанса можно будет запустить только один интерпретатор Perl, так что в сеансе будет возможно выполнять либо функции PL/PerlU, либо функции PL/Perl (и вызывать их должна одна роль SQL).

45.6. Триггеры на PL/Perl

PL/Perl можно использовать для написания триггерных функций. В триггерной функции хеш-массив `$_TD` содержит информацию о произошедшем событии триггера. `$_TD` — глобальная переменная, которая получает нужное локальное значение при каждом вызове триггера. Хеш-массив `$_TD` содержит следующие поля:

`$_TD->{new}{foo}`

Новое значение столбца `foo`

`$_TD->{old}{foo}`

Старое значение столбца `foo`

`$_TD->{name}`

Имя вызываемого триггера

`$_TD->{event}`

Событие триггера: INSERT, UPDATE, DELETE, TRUNCATE или UNKNOWN

`$_TD->{when}`

Когда вызывается триггер: BEFORE (ДО), AFTER (ПОСЛЕ), INSTEAD OF (ВМЕСТО) или UNKNOWN (НЕИЗВЕСТНО)

`$_TD->{level}`

Уровень триггера: ROW (СТРОКА), STATEMENT (ОПЕРАТОР) или UNKNOWN (НЕИЗВЕСТНЫЙ)

`$_TD->{relid}`

OID таблицы, для которой сработал триггер

`$_TD->{table_name}`

Имя таблицы, для которой сработал триггер

`$_TD->{relname}`

Имя таблицы, для которой сработал триггер. Это обращение устарело и может быть ликвидировано в будущем выпуске. Используйте вместо него `$_TD->{table_name}`.

`$_TD->{table_schema}`

Имя схемы, содержащей таблицу, для которой сработал триггер

`$_TD->{argc}`

Число аргументов в триггерной функции

```
@{$_TD->{args}}
```

Аргументы триггерной функции. Не определено, если `$_TD->{argc}` равно 0.

В триггерах уровня строки возможны следующие варианты возврата:

```
return;
```

Выполнить операцию

```
"SKIP"
```

Не выполнять операцию

```
"MODIFY"
```

Указывает, что строка `NEW` была изменена триггерной функцией

Следующий пример триггерной функции иллюстрирует описанные выше варианты:

```
CREATE TABLE test (  
  i int,  
  v varchar  
);  
  
CREATE OR REPLACE FUNCTION valid_id() RETURNS trigger AS $$  
  if (($_TD->{new}{i} >= 100) || ($_TD->{new}{i} <= 0)) {  
    return "SKIP";      # пропустить команду INSERT/UPDATE  
  } elsif ($_TD->{new}{v} ne "immortal") {  
    $_TD->{new}{v} .= "(modified by trigger)";  
    return "MODIFY";    # изменить строку и выполнить команду INSERT/UPDATE  
  } else {  
    return;             # выполнить команду INSERT/UPDATE  
  }  
$$ LANGUAGE plperl;  
  
CREATE TRIGGER test_valid_id_trig  
  BEFORE INSERT OR UPDATE ON test  
  FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION valid_id();
```

45.7. Событийные триггеры на PL/Perl

PL/Perl можно использовать для написания функций событийных триггеров. В функции событийного триггера хеш-массив `$_TD` содержит информацию о произошедшем событии триггера. `$_TD` — глобальная переменная, которая получает нужное локальное значение при каждом вызове триггера. Хеш-массив `$_TD` содержит следующие поля:

```
$_TD->{event}
```

Имя события, при котором срабатывает этот триггер.

```
$_TD->{tag}
```

Тег команды, для которой срабатывает этот триггер.

Возвращаемое значение триггерной функции игнорируется.

Следующий пример функции событийного триггера иллюстрирует описанное выше:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION perlsnitch() RETURNS event_trigger AS $$  
  elog(NOTICE, "perlsnitch: " . $_TD->{event} . " " . $_TD->{tag} . " ");  
$$ LANGUAGE plperl;  
  
CREATE EVENT TRIGGER perl_a_snitch
```

```
ON ddl_command_start
EXECUTE FUNCTION perlsnitch();
```

45.8. Внутренние особенности PL/Perl

45.8.1. Конфигурирование

В этом разделе описываются параметры конфигурации, влияющие на работу PL/Perl.

`plperl.on_init (string)`

Задаёт код Perl, который будет выполняться при первой инициализации интерпретатора Perl, до того, как он получает специализацию `plperl` или `plperlu`. Когда этот код выполняется, функции SPI ещё не доступны. Если выполнение кода завершается ошибкой, инициализация интерпретатора прерывается и ошибка распространяется в вызывающий запрос, в результате чего текущая транзакция или подтранзакция прерывается.

Размер этого кода ограничивается одной строкой. Более объёмный код можно поместить в модуль и загрузить этот модуль в строке `on_init`. Например:

```
plperl.on_init = 'require "plperlinit.pl" '
plperl.on_init = 'use lib "/my/app"; use MyApp::PgInit;'
```

Любые модули, загруженные в `plperl.on_init`, явно или неявно, будут доступны для использования в коде на языке `plperl`. Это может создать угрозу безопасности. Чтобы определить, какие модули были загружены, можно выполнить:

```
DO 'elog(WARNING, join ", ", sort keys %INC)' LANGUAGE plperl;
```

Если библиотека `plperl` включена в `shared_preload_libraries`, инициализация произойдёт в главном процессе (`postmaster`) и в этом случае необходимо очень серьёзно оценить риск нарушения работоспособности этого процесса. Основной смысл использовать эту возможность в том, чтобы модули Perl, подключаемые в `plperl.on_init`, загружались только при запуске главного процесса, и это исключало бы издержки загрузки для отдельных сеансов. Однако, имейте в виду, что эти издержки исключаются только при загрузке в сеансе первого интерпретатора Perl — будь то PL/PerlU или PL/Perl для первой SQL-роли, вызывающей функцию на PL/Perl. Любые дополнительные интерпретаторы Perl, создаваемые в сеансе базы данных, должны будут выполнять `plperl.on_init` заново. Также учтите, что в Windows предварительная загрузка не даёт никакого выигрыша, так как интерпретатор Perl, созданный в главном процессе, не передаётся дочерним процессам.

Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

`plperl.on_plperl_init (string)`
`plperl.on_plperlu_init (string)`

В этих параметрах задаётся код Perl, который будет выполняться в момент, когда интерпретатор Perl получает специализацию `plperl` или `plperlu`, соответственно. Это произойдёт, когда в рамках сеанса будет первый раз вызвана функция на PL/Perl или PL/PerlU, либо когда потребуется дополнительный интерпретатор при использовании другого языка или при вызове функции PL/Perl новой SQL-ролью. Этот код выполняется после инициализации, произведённой в `plperl.on_init`. Однако функции SPI в момент исполнения этого кода ещё не доступны. Код в `plperl.on_plperl_init` запускается после того, как интерпретатор «помещается под замок», так что в нём разрешаются только доверенные операции.

Если этот код завершается ошибкой, инициализация прерывается и ошибка распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. При этом любые действия, уже произведённые в Perl, не будут отменены; однако использовать этот интерпретатор больше не будет. При следующей попытке использовать этот язык система попытается заново инициализировать свежий интерпретатор Perl.

Изменять эти параметры разрешено только суперпользователям. Хотя изменить их можно в рамках сеанса, такие изменения не повлияют на работу интерпретаторов Perl, задействованных для выполнения функций ранее.

`plperl.use_strict (boolean)`

При значении, равном `true`, последующая компиляция функций PL/Perl будет выполняться с включённым указанием `strict`. Этот параметр не влияет на функции, уже скомпилированные в текущем сеансе.

45.8.2. Ограничения и недостающие возможности

Следующие возможности в настоящее время в PL/Perl отсутствуют, но их реализация будет желанной доработкой.

- Функции на PL/Perl не могут напрямую вызывать друг друга.
- SPI ещё не полностью реализован.
- Если вы выбираете очень большие наборы данных, используя `spi_exec_query`, вы должны понимать, что все эти данные загружаются в память. Вы можете избежать этого, используя пару функций `spi_query/spi_fetchrow`, как показано ранее.

Похожая проблема возникает, если функция, возвращающая множество, передаёт в PostgreSQL большое число строк, выполняя `return`. Этой проблемы так же можно избежать, выполняя для каждой возвращаемой строки `return_next`, как показано ранее.

- Когда сеанс завершается штатно, не по причине критической ошибки, в Perl выполняются все блоки `END`, которые были определены. Никакие другие действия в настоящее время не выполняются. В частности, буферы файлов автоматически не сбрасываются и объекты автоматически не уничтожаются.

Глава 46. PL/Python — процедурный язык Python

Процедурный язык PL/Python позволяет писать функции PostgreSQL на *языке Python*.

Чтобы установить PL/Python в определённую базу данных, выполните команду `CREATE EXTENSION plpythonu` (но смотрите также Раздел 46.1).

Подсказка

Если язык устанавливается в `template1`, он будет автоматически установлен во все создаваемые впоследствии базы данных.

PL/Python представлен только в виде «недоверенного» языка, что означает, что он никаким способом не ограничивает действия пользователей, и поэтому он называется `plpythonu`. Доверенная вариация `plpython` может появиться в будущем, если в Python будет разработан безопасный механизм выполнения. Автор функции на недоверенном языке PL/Python должен позаботиться о том, чтобы эту функцию нельзя было использовать не по назначению, так как она может делать всё, что может пользователь с правами администратора баз данных. Создавать функции на недоверенных языках, таких как `plpythonu`, разрешено только суперпользователям.

Примечание

Пользователи, имеющие дело с исходным кодом, должны явно включить сборку PL/Python в процессе установки. (За дополнительными сведениями обратитесь к инструкциям по установке.) Пользователи двоичных пакетов могут найти PL/Python в отдельном модуле.

46.1. Python 2 и Python 3

PL/Python поддерживает две вариации языка: Python 2 и Python 3. (Более точная информация о поддерживаемых второстепенных версиях Python может содержаться в инструкциях по установке PostgreSQL.) Так как языки Python 2 и Python 3 несовместимы в некоторых важных аспектах, во избежание смешения их в PL/Python применяется следующая схема именования:

- Язык PostgreSQL с именем `plpython2u` представляет реализацию PL/Python, основанную на вариации языка Python 2.
- Язык PostgreSQL с именем `plpython3u` представляет реализацию PL/Python, основанную на вариации языка Python 3.
- Язык с именем `plpythonu` представляет реализацию PL/Python, основанную на версии Python по умолчанию, в данный момент это Python 2. (Этот выбор по умолчанию не зависит от того, какая версия считается локальной версией «по умолчанию», например, на какую версию указывает `/usr/bin/python`.) Выбор по умолчанию в отдалённом будущем выпуске PostgreSQL может быть сменён на Python 3, в зависимости от того, как будет происходить переход на Python 3 в сообществе Python.

Эта схема аналогична рекомендациям, данным в *PEP 394*, по выбору имени команды `python` и переходу с версии на версию.

Будет ли доступен PL/Python для Python 2 или для Python 3, либо сразу для обеих версий, зависит от конфигурации сборки или установленных пакетов.

Подсказка

Какая вариация будет собрана, зависит от того, как версия Python будет найдена при установке или будет задана в переменной окружения `PYTHON`; см. Раздел 16.4. Чтобы в одной инсталляции присутствовали обе вариации PL/Python, необходимо сконфигурировать и настроить дерево исходного кода дважды.

В результате формируется такая стратегия использования и смены определённой версии:

- Существующие пользователи и пользователи, которым в настоящее время неинтересен Python 3, могут выбрать имя языка `plpythonu` и им не придётся ничего менять в обозримом будущем. Чтобы упростить миграцию на Python 3, которая произойдёт в конце концов, рекомендуется постепенно проверять «готовность к будущему» кода, обновляя его до версий Python 2.6/2.7.

На практике многие функции PL/Python можно мигрировать на Python 3 с минимальными изменениями или вовсе без изменений.

- Пользователи, знающие, что их код очень сильно зависит от Python 2, и не планирующие когда-либо менять его, могут использовать имя языка `plpython2u`. Это будет работать ещё очень и очень долго, пока в PostgreSQL не будет полностью ликвидирована поддержка Python 2.
- Пользователи, желающие погрузиться в Python 3, могут выбрать имя языка `plpython3u`, и их код будет работать всегда, по сегодняшним стандартам. В отдалённом будущем, когда версией по умолчанию может стать Python 3, цифру «3» из имени языка можно будет убрать из эстетических соображений.
- Смелчаки, желающие уже сегодня получить операционное окружение только с Python 3, могут модифицировать `pg_pltemplate`, чтобы имя `plpythonu` было равнозначно `plpython3u`, отдавая себе отчёт в том, что такая инсталляция будет несовместима с остальным миром.

Дополнительную информацию о переходе на Python 3 можно также найти в описании *Что нового в Python 3.0*.

Использовать PL/Python на базе Python 2 и PL/Python на базе Python 3 в одном сеансе нельзя, так как это приведёт к конфликту символов в динамических модулях, что может повлечь сбой серверного процесса PostgreSQL. В системе есть проверка, предотвращающая смешение основных версий Python в одном сеансе, которая прервёт сеанс при выявлении расхождения. Однако использовать обе вариации в одной базе данных всё же возможно, обращаясь к ним в разных сеансах.

46.2. Функции на PL/Python

Функции на PL/Python объявляются стандартным образом с помощью команды `CREATE FUNCTION`:

```
CREATE FUNCTION funcname (argument-list)
    RETURNS return-type
AS $$
    # Тело функции на PL/Python
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Тело функции содержит просто скрипт на языке Python. Когда вызывается функция, её аргументы передаются в виде элементов списка `args`; именованные аргументы также передаются скрипту Python как обычные переменные. С именованными аргументами скрипт обычно лучше читается. Результат из кода Python возвращается обычным способом: командой `return` или `yield` (в случае функции, возвращающей множество). Если возвращаемое значение не определено, Python возвращает `None`. Исполнитель PL/Python преобразует `None` языка Python в значение `NULL` языка SQL. В процедуре код Python должен возвращать `None` (обычно для этого процедура завершается без оператора `return` или используется оператор `return` без аргумента); в противном случае выдаётся ошибка.

Например, функцию, возвращающее большее из двух целых чисел, можно определить так:

```
CREATE FUNCTION pymax (a integer, b integer)
  RETURNS integer
AS $$
  if a > b:
    return a
  return b
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Код на Python, заданный в качестве тела объявляемой функции, становится телом функции Python. Например, для показанного выше объявления получается функция:

```
def __plpython_procedure_pymax_23456():
    if a > b:
        return a
    return b
```

Здесь 23456 — это OID, который PostgreSQL присвоил данной функции.

Значения аргументов задаются в глобальных переменных. Согласно правилам видимости в Python, тонким следствием этого является то, что переменной аргумента нельзя присвоить внутри функции выражение, включающее имя самой этой переменной, если только эта переменная не объявлена глобальной в текущем блоке. Например, следующий код не будет работать:

```
CREATE FUNCTION pystrip(x text)
  RETURNS text
AS $$
  x = x.strip() # ошибка
  return x
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

так как присвоение `x` значения делает `x` локальной переменной для всего блока, и при этом `x` в правой части присваивания оказывается ещё не определённой локальной переменной `x`, а не параметром функции PL/Python. Добавив оператор `global`, это можно исправить:

```
CREATE FUNCTION pystrip(x text)
  RETURNS text
AS $$
  global x
  x = x.strip() # теперь всё в порядке
  return x
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Однако рекомендуется не полагаться на такие особенности реализации PL/Python, а принять, что параметры функции предназначены только для чтения.

46.3. Значения данных

Вообще говоря, цель исполнителя PL/Python — обеспечить «естественное» соответствие между мирами PostgreSQL и Python. Этим объясняется выбор правил сопоставления данных, описанных ниже.

46.3.1. Сопоставление типов данных

Когда вызывается функция PL/Python, её аргументы преобразуются из типа PostgreSQL в соответствующий тип Python по таким правилам:

- Тип PostgreSQL `boolean` преобразуется в `bool` языка Python.
- Типы PostgreSQL `smallint` и `int` преобразуются в тип `int` языка Python. Типы PostgreSQL `bigint` и `oid` становятся типами `long` в Python 2 и `int` в Python 3.
- Типы PostgreSQL `real` и `double` преобразуются в тип `float` языка Python.
- Тип PostgreSQL `numeric` преобразуется в `Decimal` среды Python. Этот тип импортируется из пакета `decimal`, при его наличии. В противном случае используется `decimal.Decimal` из

стандартной библиотеки. Тип `cdecimal` работает значительно быстрее, чем `decimal`. Однако в Python версии 3.3 и выше тип `cdecimal` включается в стандартную библиотеку под именем `decimal`, так что теперь этого различия нет.

- Тип PostgreSQL `bytea` становится типом `str` в Python 2 и `bytes` в Python 3. В Python 2 такую строку следует воспринимать как последовательность байт без какой-либо определённой кодировки символов.
- Все другие типы данных, включая типы символьных строк PostgreSQL, преобразуются в тип `str` языка Python. В Python 2 эта строка будет передаваться в кодировке сервера PostgreSQL; в Python 3 это будет строка в Unicode, как и все строки.
- Информация о нескалярных типах данных приведена ниже.

При завершении функции PL/Python её значение результата преобразуется в тип данных, объявленный как тип результата в PostgreSQL, следующим образом:

- Когда тип результата функции в PostgreSQL — `boolean`, возвращаемое значение приводится к логическому типу по правилам, принятым в Python. То есть `false` будет возвращено для 0 и пустой строки, но, обратите внимание, для `'f'` будет возвращено `true`.
- Когда тип результата функции PostgreSQL — `bytea`, возвращаемое значение будет преобразовано в строку (Python 2) или набор байт (Python 3), используя встроенные средства Python, а затем будет приведено к типу `bytea`.
- Для всех других типов результата PostgreSQL возвращаемое значение преобразуется в строку с помощью встроенной в Python функции `str`, и полученная строка передаётся функции ввода типа данных PostgreSQL. (Если значение в Python имеет тип `float`, оно преобразуется встроенной функцией `repr`, а не `str`, для недопущения потери точности.)

Из кода Python 2 строки должны передаваться в PostgreSQL в кодировке сервера PostgreSQL. При передаче строки, неприемлемой для текущей кодировки сервера, возникает ошибка, но не все несоответствия кодировки могут быть выявлены, так что с некорректной кодировкой всё же могут быть получены нечитаемые строки. Строки Unicode переводятся в нужную кодировку автоматически, так что использовать их может быть безопаснее и удобнее. В Python 3 все строки имеют кодировку Unicode.

- Информация о нескалярных типах данных приведена ниже.

Заметьте, что логические несоответствия между объявленным в PostgreSQL типом результата и типом фактически возвращаемого объекта Python игнорируются — значение преобразуется в любом случае.

46.3.2. Null, None

Если функции передаётся значение SQL NULL, в Python значением этого аргумента будет `None`. Например, функция `pymax`, определённая как показано в Раздел 46.2, возвратит неверный ответ, получив аргументы NULL. Мы могли бы добавить указание `STRICT` в определение функции, чтобы PostgreSQL поступал немного разумнее: при передаче значения NULL функция вовсе не будет вызываться, будет сразу возвращён результат NULL. С другой стороны, мы могли бы проверить аргументы на NULL в теле функции:

```
CREATE FUNCTION pyrax (a integer, b integer)
  RETURNS integer
AS $$
  if (a is None) or (b is None):
    return None
  if a > b:
    return a
  return b
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Как показано выше, чтобы выдать из функции PL/Python значение SQL NULL, нужно вернуть значение `None`. Это можно сделать и в строгой, и в нестрогой функции.

46.3.3. Массивы, списки

Значения массивов SQL передаются в PL/Python в виде списка Python. Чтобы вернуть значение массива SQL из функции PL/Python, возвратите список Python:

```
CREATE FUNCTION return_arr()
  RETURNS int[]
AS $$
return [1, 2, 3, 4, 5]
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
SELECT return_arr();
   return_arr
```

```
-----
 {1,2,3,4,5}
(1 row)
```

Многомерные массивы передаются в PL/Python в виде вложенных списков Python. Например, двухмерный массив представляется как список списков. При передаче многомерного массива SQL из функции PL/Python необходимо, чтобы все внутренние списки на каждом уровне имели одинаковый размер. Например:

```
CREATE FUNCTION test_type_conversion_array_int4(x int4[]) RETURNS int4[] AS $$
plpy.info(x, type(x))
return x
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
SELECT * FROM test_type_conversion_array_int4(ARRAY[[1,2,3],[4,5,6]]);
INFO:  ([[1, 2, 3], [4, 5, 6]], <type 'list'>)
test_type_conversion_array_int4
-----
 {{1,2,3},{4,5,6}}
(1 row)
```

Другие последовательности Python, например кортежи, тоже принимаются для обратной совместимости с PostgreSQL версии 9.6 и ниже (где многомерные массивы не поддерживались). Однако они всегда воспринимаются как одномерные массивы, чтобы не возникало неоднозначности с составными типами. По этой же причине когда в многомерном массиве используется составной тип, он должен представляться как кортеж, а не список.

Учтите, что в Python и строки являются последовательностями, что может давать неожиданные эффекты, хорошо знакомые тем, кто программирует на Python:

```
CREATE FUNCTION return_str_arr()
  RETURNS varchar[]
AS $$
return "hello"
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
SELECT return_str_arr();
   return_str_arr
-----
 {h,e,l,l,o}
(1 row)
```

46.3.4. Составные типы

Аргументы составного типа передаются функции в виде сопоставлений Python. Именами элементов сопоставления являются атрибуты составного типа. Если атрибут в переданной строке имеет значение NULL, он передаётся в сопоставлении значением None. Пример работы с составным типом:

```
CREATE TABLE employee (  
    name text,  
    salary integer,  
    age integer  
);  
  
CREATE FUNCTION overpaid (e employee)  
    RETURNS boolean  
AS $$  
    if e["salary"] > 200000:  
        return True  
    if (e["age"] < 30) and (e["salary"] > 100000):  
        return True  
    return False  
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Возвратить составной тип или строку таблицы из функции Python можно несколькими способами. В следующих примерах предполагается, что у нас объявлен тип:

```
CREATE TYPE named_value AS (  
    name    text,  
    value   integer  
);
```

Результат этого типа можно вернуть как:

Последовательность (кортеж или список, но не множество, так как оно не индексируется)

В возвращаемых объектах последовательностей должно быть столько элементов, сколько полей в составном типе результата. Элемент с индексом 0 присваивается первому полю составного типа, с индексом 1 — второму и т. д. Например:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)  
    RETURNS named_value  
AS $$  
    return ( name, value )  
    # или альтернативный вариант, в виде кортежа: return [ name, value ]  
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Чтобы выдать SQL NULL для какого-нибудь столбца, вставьте в соответствующую позицию None.

Когда возвращается массив составных значений, его нельзя представить в виде списка, так как невозможно однозначно определить, представляет ли список Python составной тип или ещё одну размерность массива.

Сопоставление (словарь)

Значение столбца результата получается из сопоставления, в котором ключом является имя столбца. Например:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)  
    RETURNS named_value  
AS $$  
    return { "name": name, "value": value }  
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Любые дополнительные пары ключ/значение в словаре игнорируются, а отсутствие нужных ключей считается ошибкой. Чтобы выдать SQL NULL для какого-нибудь столбца, вставьте None с именем соответствующего столбца в качестве ключа.

Объект (любой объект с методом `__getattr__`)

Объект передаётся аналогично сопоставлению. Пример:

```
CREATE FUNCTION make_pair (name text, value integer)
  RETURNS named_value
AS $$
  class named_value:
    def __init__ (self, n, v):
      self.name = n
      self.value = v
  return named_value(name, value)

# или просто
class nv: pass
nv.name = name
nv.value = value
return nv
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Также поддерживаются функции с параметрами OUT (выходными). Например:

```
CREATE FUNCTION multiout_simple(OUT i integer, OUT j integer) AS $$
return (1, 2)
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
SELECT * FROM multiout_simple();
```

Выходные параметры процедуры выдаются таким же образом. Например:

```
CREATE PROCEDURE python_triple(INOUT a integer, INOUT b integer) AS $$
return (a * 3, b * 3)
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
CALL python_triple(5, 10);
```

46.3.5. Функции, возвращающие множества

Функция PL/Python также может возвращать множества, содержащие скалярные и составные типы. Это можно осуществить разными способами, так как возвращаемый объект внутри превращается в итератор. В следующих примерах предполагается, что у нас есть составной тип:

```
CREATE TYPE greeting AS (
  how text,
  who text
);
```

Множество в качестве результата можно вернуть, применив:

Последовательность (кортеж, список, множество)

```
CREATE FUNCTION greet (how text)
  RETURNS SETOF greeting
AS $$
  # возвращает кортеж, содержащий списки в качестве составных типов
  # также будут работать и остальные комбинации
  return ( [ how, "World" ], [ how, "PostgreSQL" ], [ how, "PL/Python" ] )
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Итератор (любой объект, реализующий методы `__iter__` и `next`)

```
CREATE FUNCTION greet (how text)
  RETURNS SETOF greeting
AS $$
  class producer:
    def __init__ (self, how, who):
```



```

        self.how = how
        self.who = who
        self.ndx = -1

    def __iter__(self):
        return self

    def next(self):
        self.ndx += 1
        if self.ndx == len(self.who):
            raise StopIteration
        return ( self.how, self.who[self.ndx] )

return producer(how, [ "World", "PostgreSQL", "PL/Python" ])
$$ LANGUAGE plpythonu;

```

Генератор (yield)

```

CREATE FUNCTION greet (how text)
RETURNS SETOF greeting
AS $$
    for who in [ "World", "PostgreSQL", "PL/Python" ]:
        yield ( how, who )
$$ LANGUAGE plpythonu;

```

Также поддерживаются функции, возвращающие множества, с параметрами OUT (объявленные с RETURNS SETOF record). Например:

```

CREATE FUNCTION multiout_simple_setof(n integer, OUT integer, OUT integer) RETURNS
SETOF record AS $$
return [(1, 2)] * n
$$ LANGUAGE plpythonu;

SELECT * FROM multiout_simple_setof(3);

```

46.4. Совместное использование данных

Для сохранения внутренних данных при повторных вызовах одной и той же функции предусмотрен глобальный словарь SD. Для размещения публичных данных предназначен глобальный словарь GD, доступный всем функциям на Python в сеансе; используйте его с осторожностью.

Каждая функция получает собственную среду выполнения в интерпретаторе Python, так что глобальные данные и аргументы функции, например `myfunc`, не будут доступны в `myfunc2`. Исключение составляют данные в словаре GD, как сказано выше.

46.5. Анонимные блоки кода

PL/Python также поддерживает анонимные блоки кода, которые выполняются оператором DO:

```

DO $$
    # Код на PL/Python
$$ LANGUAGE plpythonu;

```

Анонимный блок кода не принимает аргументы, а любое значение, которое он мог бы вернуть, отбрасывается. В остальном он работает подобно коду функции.

46.6. Триггерные функции

Когда функция используется как триггер, словарь TD содержит значения, связанные с работой триггера:

TD["event"]

содержит название события в виде строки: INSERT, UPDATE, DELETE или TRUNCATE.

TD["when"]

содержит одну из строк: BEFORE, AFTER или INSTEAD OF.

TD["level"]

содержит ROW или STATEMENT.

TD["new"]

TD["old"]

Для триггера уровня строки одно или оба этих поля содержат соответствующие строки триггера, в зависимости от события триггера.

TD["name"]

содержит имя триггера.

TD["table_name"]

содержит имя таблицы, для которой сработал триггер.

TD["table_schema"]

содержит схему таблицы, для которой сработал триггер.

TD["relid"]

содержит OID таблицы, для которой сработал триггер.

TD["args"]

Если в команде CREATE TRIGGER задавались аргументы, их можно получить как элементы массива с TD["args"][0] по TD["args"][n-1].

Если в TD["when"] передано BEFORE или INSTEAD OF, а в TD["level"] — ROW, вы можете вернуть значение None или "OK" из функции Python, чтобы показать, что строка не была изменена, значение "SKIP", чтобы прервать событие, либо, если в TD["event"] передана команда INSERT или UPDATE, вы можете вернуть "MODIFY", чтобы показать, что новая строка была изменена. Во всех других случаях возвращаемое значение игнорируется.

46.7. Обращение к базе данных

Исполнитель языка PL/Python автоматически импортирует модуль Python с именем `plpy`. Вы в своём коде можете использовать функции и константы, объявленные в этом модуле, обращаясь к ним по именам вида `plpy.имя`.

46.7.1. Функции обращения к базе данных

Модуль `plpy` содержит различные функции для выполнения команд в базе данных:

```
plpy.execute(запрос [, макс-строк])
```

При вызове `plpy.execute` со строкой запроса и необязательным аргументом, ограничивающим число строк, выполняется заданный запрос, а то, что он выдаёт, возвращается в виде объекта результата.

Объект результата имитирует список или словарь. Получить из него данные можно по номеру строки и имени столбца. Например, команда:

```
rv = plpy.execute("SELECT * FROM my_table", 5)
```

вернёт не более 5 строк из отношения `my_table`. Если в `my_table` есть столбец `my_column`, к нему можно обратиться так:

```
foo = rv[i]["my_column"]
```

Число возвращённых в этом объекте строк можно получить, воспользовавшись встроенной функцией `len`.

Для объекта результата определены следующие дополнительные методы:

```
nrows()
```

Возвращает число строк, обработанных командой. Заметьте, что это число не обязательно будет равно числу возвращённых строк. Например, команда `UPDATE` устанавливает это значение, но не возвращает строк (без указания `RETURNING`).

```
status()
```

Значение состояния, возвращённое `SPI_execute()`.

```
colnames()
```

```
coltypes()
```

```
coltypmods()
```

Возвращают список имён столбцов, список OID типов столбцов и список модификаторов типа этих столбцов, соответственно.

Эти методы вызывают исключение, когда им передаётся объект, полученный от команды, не возвращающей результирующий набор, например, `UPDATE` без `RETURNING`, либо `DROP TABLE`. Но эти методы вполне можно использовать с результатом, содержащим ноль строк.

```
__str__()
```

Стандартный метод `__str__` определён так, чтобы можно было, например, вывести отладочное сообщение с результатами запроса, вызвав `plpy.debug(rv)`.

Объект результата может быть изменён.

Заметьте, что при вызове `plpy.execute` весь набор результатов будет прочитан в память. Эту функцию следует использовать, только если вы знаете, что набор будет относительно небольшим. Если вы хотите исключить риск переполнения памяти при выборке результатов большого объёма, используйте `plpy.cursor` вместо `plpy.execute`.

```
plpy.prepare(запрос [, типы_аргументов])  
plpy.execute(план [, аргументы [, макс-строк]])
```

Функция `plpy.prepare` подготавливает план выполнения для запроса. Она вызывается со строкой запроса и списком типов параметров (если в запросе есть параметры). Например:

```
plan = plpy.prepare("SELECT last_name FROM my_users WHERE first_name = $1",  
["text"])
```

Здесь `text` представляет переменную, передаваемую в качестве параметра `$1`. Второй аргумент необязателен, если запросу не нужно передавать никакие параметры.

Чтобы запустить подготовленный оператор на выполнение, используйте вариацию функции `plpy.execute`:

```
rv = plpy.execute(plan, ["name"], 5)
```

Передайте план в первом аргументе (вместо строки запроса), а список значений, которые будут подставлены в запрос, — во втором. Второй аргумент можно опустить, если запрос не принимает никакие параметры. Третий аргумент, как и раньше, задаёт необязательное ограничение максимального числа строк.

Вы также можете вызвать метод `execute` объекта плана:

```
rv = plan.execute(["name"], 5)
```

Параметры запросов и поля строк результата преобразуются между типами данных PostgreSQL и Python как описано в Разделе 46.3.

Когда вы подготавливаете план, используя модуль PL/Python, он сохраняется автоматически. Что это означает, вы можете узнать в документации SPI (Глава 47). Чтобы эффективно использовать это в нескольких вызовах функции, может потребоваться применить словарь постоянно-го хранения SD или GD (см. Раздел 46.4). Например:

```
CREATE FUNCTION usesavedplan() RETURNS trigger AS $$
    if "plan" in SD:
        plan = SD["plan"]
    else:
        plan = plpy.prepare("SELECT 1")
        SD["plan"] = plan
    # остальной код функции
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
plpy.cursor(запрос)
plpy.cursor(план [, аргументы])
```

Функция `plpy.cursor` принимает те же аргументы, что и `plpy.execute` (кроме ограничения строк) и возвращает объект курсора, который позволяет обрабатывать объёмные наборы результатов небольшими порциями. Как и `plpy.execute`, этой функции можно передать строку запроса или объект плана со списком аргументов, а можно вызывать функцию `cursor` как метод объекта плана.

Объект курсора реализует метод `fetch`, который принимает целочисленный параметр и возвращает объект результата. При каждом следующем вызове `fetch` возвращаемый объект будет содержать следующий набор строк, в количестве, не превышающем значение параметра. Когда строки закончатся, `fetch` начнёт возвращать пустой объект результата. Объекты курсора также предоставляют *интерфейс итератора*, выдающий по строке за один раз, пока не будут выданы все строки. Данные, выбираемые таким образом, возвращаются не как объекты результата, а как словари (одной строке результата соответствует один словарь).

Следующий пример демонстрирует обработку содержимого большой таблицы двумя способами:

```
CREATE FUNCTION count_odd_iterator() RETURNS integer AS $$
odd = 0
for row in plpy.cursor("select num from largetable"):
    if row['num'] % 2:
        odd += 1
return odd
$$ LANGUAGE plpythonu;

CREATE FUNCTION count_odd_fetch(batch_size integer) RETURNS integer AS $$
odd = 0
cursor = plpy.cursor("select num from largetable")
while True:
    rows = cursor.fetch(batch_size)
    if not rows:
        break
    for row in rows:
        if row['num'] % 2:
            odd += 1
return odd
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

```
CREATE FUNCTION count_odd_prepared() RETURNS integer AS $$
odd = 0
plan = plpy.prepare("select num from largetable where num % $1 <> 0", ["integer"])
rows = list(plpy.cursor(plan, [2])) # или: = list(plan.cursor([2]))

return len(rows)
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Курсоры ликвидируются автоматически. Но если вы хотите явно освободить все ресурсы, занятые курсором, вызовите метод `close`. Продолжать получать данные через курсор, который был закрыт, нельзя.

Подсказка

Не путайте объекты, создаваемые функцией `plpy.cursor`, с курсорами DB-API, определёнными в *спецификации API для работы с базами данных в Python*. Они не имеют ничего общего, кроме имени.

46.7.2. Обработка ошибок

Функции, обращающиеся к базе данных, могут сталкиваться с ошибками, в результате которых они будут прерываться и вызывать исключение. Обе функции `plpy.execute` и `plpy.prepare` могут вызывать экземпляр подкласса исключения `plpy.SPIError`, которое по умолчанию прекращает выполнение функции. Эту ошибку можно обработать, как и любое другое исключение в Python, применив конструкцию `try/except`. Например:

```
CREATE FUNCTION try_adding_joe() RETURNS text AS $$
try:
    plpy.execute("INSERT INTO users(username) VALUES ('joe')")
except plpy.SPIError:
    return "something went wrong"
else:
    return "Joe added"
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Фактический класс вызываемого исключения соответствует определённому условию возникновения ошибки. Список всех возможных условий приведён в Таблице A.1. В модуле `plpy.spiexceptions` определяются классы исключений для каждого условия PostgreSQL, с именами, производными от имён условий. Например, имя `division_by_zero` становится именем `DivisionByZero`, `unique_violation` — именем `UniqueViolation`, `fdw_error` — именем `FdwError` и т. д. Все эти классы исключений наследуются от `SPIError`. Такое разделение на классы упрощает обработку определённых ошибок, например:

```
CREATE FUNCTION insert_fraction(numerator int, denominator int) RETURNS text AS $$
from plpy import spiexceptions
try:
    plan = plpy.prepare("INSERT INTO fractions (frac) VALUES ($1 / $2)", ["int",
    "int"])
    plpy.execute(plan, [numerator, denominator])
except spiexceptions.DivisionByZero:
    return "denominator cannot equal zero"
except spiexceptions.UniqueViolation:
    return "already have that fraction"
except plpy.SPIError, e:
    return "other error, SQLSTATE %s" % e.sqlstate
else:
    return "fraction inserted"
```

```
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Заметьте, что так как все исключения из модуля `plpy.spiexceptions` наследуются от исключения `SPLError`, команда `except`, обрабатывающая это исключение, будет перехватывать все ошибки при обращении к базе данных.

В качестве другого варианта обработки различных условий ошибок, вы можете перехватывать исключение `SPLError` и определять конкретное условие ошибки внутри блока `except` по значению атрибута `sqlstate` объекта исключения. Этот атрибут содержит строку с кодом ошибки «SQLSTATE». Конечный результат при таком подходе примерно тот же.

46.8. Явные подтранзакции

Перехват ошибок, произошедших при обращении к базе данных, как описано в Подразделе 46.7.2, может привести к нежелательной ситуации, когда часть операций будет успешно выполнена, прежде чем произойдёт сбой. Данные останутся в несогласованном состоянии после обработки такой ошибки. PL/Python предлагает решение этой проблемы в форме явных подтранзакций.

46.8.1. Менеджеры контекста подтранзакций

Рассмотрим функцию, осуществляющую перевод средств между двумя счетами:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds() RETURNS void AS $$
try:
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
'joe'")
    plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
'mary'")
except plpy.SPError, e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Если при выполнении второго оператора `UPDATE` произойдёт исключение, эта функция сообщит об ошибке, но результат первого `UPDATE` будет, тем не менее, зафиксирован. Другими словами, средства будут списаны со счёта Джо, но не зачислятся на счёт Мэри.

Во избежание таких проблем вы можете завернуть вызовы `plpy.execute` в явную подтранзакцию. Модуль `plpy` предоставляет вспомогательный объект для управления явными подтранзакциями, создаваемый функцией `plpy.subtransaction()`. Объекты, созданные этой функцией, реализуют *интерфейс менеджера контекста*. Используя явные подтранзакции, мы можем переписать нашу функцию так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds2() RETURNS void AS $$
try:
    with plpy.subtransaction():
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
'joe'")
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
'mary'")
except plpy.SPError, e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"
plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Заметьте, что конструкция `try/catch` по-прежнему нужна. Без неё исключение распространится вверх по стеку Python и приведёт к прерыванию всей функции с ошибкой PostgreSQL, так что в таблицу `operations` запись не добавится. Менеджер контекста подтранзакции не перехватывает ошибки, он только гарантирует, что все операции с базой данных в его области действия будут атомарно зафиксированы или отменены. Откат блока подтранзакции происходит при исключении любого вида, а не только исключения, вызванного ошибками при обращении к базе данных. Обычное исключение Python, вызванное внутри блока явной подтранзакции, также приведёт к откату этой подтранзакции.

46.8.2. Старые версии Python

Синтаксис использования менеджеров контекста с ключевым словом `with` по умолчанию поддерживается в Python 2.6. В PL/Python с более старой версией Python тоже возможно использовать явные подтранзакции, хотя и не так прозрачно. При этом вы можете вызывать методы `__enter__` и `__exit__` менеджера контекста по удобным псевдонимам `enter` и `exit`. Для такого случая функцию перечисления средств можно переписать так:

```
CREATE FUNCTION transfer_funds_old() RETURNS void AS $$
try:
    subxact = plpy.subtransaction()
    subxact.enter()
    try:
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance - 100 WHERE account_name =
'joe'")
        plpy.execute("UPDATE accounts SET balance = balance + 100 WHERE account_name =
'mary'")
    except:
        import sys
        subxact.exit(*sys.exc_info())
        raise
    else:
        subxact.exit(None, None, None)
except plpy.SPIError, e:
    result = "error transferring funds: %s" % e.args
else:
    result = "funds transferred correctly"

plan = plpy.prepare("INSERT INTO operations (result) VALUES ($1)", ["text"])
plpy.execute(plan, [result])
$$ LANGUAGE plpythonu;
```

Примечание

Хотя менеджеры контекста были реализованы в 2.5, для использования синтаксиса `with` в этой версии нужно применить «*будущий оператор*». Однако по техническим причинам «*будущие операторы*» в функциях PL/Python использовать нельзя.

46.9. Управление транзакциями

В процедуре, которая вызывается в коде верхнего уровня или в анонимном блоке кода (в команде `DO`), можно управлять транзакциями. Чтобы зафиксировать текущую транзакцию, вызовите `plpy.commit()`, а чтобы откатить — `plpy.rollback()`. (Заметьте, что выполнить SQL-команды `COMMIT` или `ROLLBACK` через `plpy.execute` или подобную функцию нельзя. Соответствующие операции могут выполняться только данными функциями.) После завершения одной транзакции следующая начинается автоматически, отдельной функции для этого нет.

Пример:

```
CREATE PROCEDURE transaction_test1()
LANGUAGE plpythonu
AS $$
for i in range(0, 10):
    plpy.execute("INSERT INTO test1 (a) VALUES (%d)" % i)
    if i % 2 == 0:
        plpy.commit()
    else:
        plpy.rollback()
$$;

CALL transaction_test1();
```

Транзакцию нельзя завершить в случае существования открытой явной подтранзакции.

46.10. Вспомогательные функции

Модуль `plpy` также предоставляет функции

```
plpy.debug( msg, **kwargs )
plpy.log( msg, **kwargs )
plpy.info( msg, **kwargs )
plpy.notice( msg, **kwargs )
plpy.warning( msg, **kwargs )
plpy.error( msg, **kwargs )
plpy.fatal( msg, **kwargs )
```

Функции `plpy.error` и `plpy.fatal` на самом деле выдают исключение Python, которое, если его не перехватить, распространяется в вызывающий запрос, что приводит к прерыванию текущей транзакции или подтранзакции. Команды `raise plpy.Error(msg)` и `raise plpy.Fatal(msg)` равнозначны вызовам `plpy.error(msg)` и `plpy.fatal(msg)`, соответственно, но форма `raise` не позволяет передавать аргументы с ключами. Другие функции просто выдают сообщения разных уровней важности. Будут ли сообщения определённого уровня передаваться клиентам и/или записываться в журнал сервера, определяется конфигурационными переменными `log_min_messages` и `client_min_messages`. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

Аргумент `msg` задаётся как позиционный. Для обратной совместимости может быть передано несколько позиционных аргументов. В этом случае сообщением для клиента становится строковое представление кортежа позиционных аргументов.

Дополнительно только по ключам принимаются следующие аргументы:

```
detail
hint
sqlstate
schema_name
table_name
column_name
datatype_name
constraint_name
```

Строковое представление объектов, передаваемых в аргументах по ключам, позволяет выдать клиенту более богатую информацию. Например:

```
CREATE FUNCTION raise_custom_exception() RETURNS void AS $$
plpy.error("custom exception message",
           detail="some info about exception",
           hint="hint for users")
$$ LANGUAGE plpythonu;
```



```
=# SELECT raise_custom_exception();  
ERROR:  plpy.Error: custom exception message  
DETAIL:  some info about exception  
HINT:  hint for users  
CONTEXT:  Traceback (most recent call last):  
  PL/Python function "raise_custom_exception", line 4, in <module>  
    hint="hint for users")  
PL/Python function "raise_custom_exception"
```

Ещё один набор вспомогательных функций образуют `plpy.quote_literal(строка)`, `plpy.quote_nullable(строка)` и `plpy.quote_ident(строка)`. Они равнозначны встроенным функциям заключения в кавычки, описанным в Разделе 9.4. Они полезны при конструировании свободно составленных запросов. На PL/Python динамический SQL, показанный в Примере 43.1, формируется так:

```
plpy.execute("UPDATE tbl SET %s = %s WHERE key = %s" % (  
    plpy.quote_ident(colname),  
    plpy.quote_nullable(newvalue),  
    plpy.quote_literal(keyvalue)))
```

46.11. Переменные окружения

Некоторые переменные окружения, воспринимаемые интерпретатором Python, тоже могут влиять на поведение PL/Python. При необходимости их нужно установить в среде основного серверного процесса PostgreSQL, например, в скрипте запуска. Множество доступных переменных окружения зависит от версии Python; за подробностями обратитесь к документации Python. На момент написания этой документации, на поведение PL/Python влияли следующие переменные окружения, при наличии подходящей версии Python:

- PYTHONHOME
- PYTHONPATH
- PYTHON2K
- PYTHONOPTIMIZE
- PYTHONDEBUG
- PYTHONVERBOSE
- PYTHONCASEOK
- PYTHONDONTWRITEBYTECODE
- PYTHONIOENCODING
- PYTHONUSERBASE
- PYTHONHASHSEED

(Похоже, что вследствие тонкостей реализации Python, не зависящих от исполнителя PL/Python, некоторые переменные окружения, перечисленные на странице руководства `man python`, действуют только в интерпретаторе для командной строки, но не во встраиваемом интерпретаторе Python.)

Глава 47. Интерфейс программирования сервера

Интерфейс программирования сервера (SPI, Server Programming Interface) даёт разработчикам пользовательских функций на С возможность запускать команды SQL из своих функций. SPI представляет собой набор интерфейсных функций, упрощающих доступ к анализатору, планировщику и исполнителю запросов. В SPI есть также функции для управления памятью.

Примечание

Доступные процедурные языки предоставляют различные средства для выполнения SQL-команд из функций. Большинство этих средств основаны на SPI, так что эта документация будет полезна и тем, кто использует эти языки.

Учтите, что если команда, вызванная через SPI, прерывается ошибкой, управление не возвращается в вашу функцию на С. Вместо этого происходит откат транзакции или подтранзакции, из которой вызывалась ваша функция. (Это может показаться удивительным, с учётом того, что для большинства функций SPI описаны соглашения по возврату ошибок. Однако эти соглашения применимы только к ошибкам, выявляемым в самих функциях SPI.) Получить управление после ошибки можно, только организовав собственную подтранзакцию, окружающую вызовы SPI, в которых возможна ошибка.

Функции SPI выдают неотрицательный результат в случае успеха (либо через возвращаемое целочисленное значение, либо в глобальной переменной `SPI_result`, как описано ниже). В случае ошибки выдаётся отрицательный результат или `NULL`.

Файлы исходного кода, использующие SPI, должны включать заголовочный файл `executor/spi.h`.

47.1. Интерфейсные функции

SPI_connect

`SPI_connect`, `SPI_connect_ext` — подключить функцию на C к менеджеру SPI

Синтаксис

```
int SPI_connect(void)
int SPI_connect_ext(int options)
```

Описание

`SPI_connect` устанавливает подключение вызова функции на C к менеджеру SPI. Данную функцию необходимо использовать, если вы хотите выполнять команды через SPI. Некоторые вспомогательные функции SPI могут вызываться из неподключённых функций.

`SPI_connect_ext` делает то же самое, но принимает один аргумент, через который можно передать дополнительные флаги. В настоящее время поддерживаются следующие флаги:

`SPI_OPT_NONATOMIC`

Переводит подключение SPI в *неатомарный* режим, в котором разрешаются вызовы функций управления транзакциями `SPI_commit`, `SPI_rollback` и `SPI_start_transaction`. В обычном режиме вызов этих функций приводит к немедленной ошибке.

Вызов `SPI_connect()` равнозначен `SPI_connect_ext(0)`.

Возвращаемое значение

`SPI_OK_CONNECT`

при успехе

`SPI_ERROR_CONNECT`

при ошибке

SPI_finish

SPI_finish — отключить функцию на С от менеджера SPI

Синтаксис

```
int SPI_finish(void)
```

Описание

SPI_finish закрывает текущее соединение с менеджером SPI. Эту функцию необходимо вызывать после завершения операций SPI, которые должны выполняться в текущем вызове функции на С. Однако если вы прерываете транзакцию, выполняя `elog(ERROR)`, о закрытии соединения можно не беспокоиться. В этом случае SPI произведёт очистку автоматически.

Возвращаемое значение

SPI_OK_FINISH

если отключение выполнено корректно

SPI_ERROR_UNCONNECTED

если вызывается из неподключённой функции на С

SPI_execute

SPI_execute — выполнить команду

Синтаксис

```
int SPI_execute(const char * command, bool read_only, long count)
```

Описание

SPI_execute выполняет заданную команду SQL для получения строк в количестве, ограниченном *count*. С параметром *read_only*, равным *true*, команда должна только читать данные; это несколько сокращает издержки на её выполнение.

Эту функцию можно вызывать только из подключённой функции на С.

Если *count* равен 0, команда выполняется для всех строк, к которым она применима. Если *count* больше нуля, будет получено не более чем *count* строк; выполнение команды остановится при достижении этого предела, практически так же, как и с предложением *LIMIT* в запросе. Например, команда:

```
SPI_execute("SELECT * FROM foo", true, 5);
```

получит из таблицы не более 5 строк. Заметьте, что это ограничение действует, только когда команда действительно возвращает строки. Например, эта команда:

```
SPI_execute("INSERT INTO foo SELECT * FROM bar", false, 5);
```

вставляет все строки из *bar*, игнорируя параметр *count*. Однако команда

```
SPI_execute("INSERT INTO foo SELECT * FROM bar RETURNING *", false, 5);
```

вставит не более 5 строк, так как её выполнение будет остановлено после получения пятой строки, выданной предложением *RETURNING*.

В одной строке можно передать несколько команд; SPI_execute возвращает результат команды, выполненной последней. Параметр *count* при этом будет применяться к каждой команде по отдельности (несмотря даже на то, что возвращён будет только последний результат). Это ограничение не будет распространяться на скрытые команды, генерируемые правилами.

Когда параметр *read_only* равен *false*, SPI_execute увеличивает счётчик команд и получает новый снимок перед выполнением каждой очередной команды в строке. Этот снимок фактически не меняется при текущем уровне изоляции транзакций *SERIALIZABLE* или *REPEATABLE READ*, но в режиме *READ COMMITTED* после обновления снимка очередная команда может видеть результаты только что зафиксированных транзакций из других сеансов. Это важно для согласованного поведения, когда команды модифицируют базу данных.

Когда параметр *read_only* равен *true*, SPI_execute не обновляет снимок и не увеличивает счётчик команд, и допускает в строке команд только *SELECT*. Заданные команды выполняются со снимком, ранее полученным для окружающего запроса. Этот режим выполнения несколько быстрее режима чтения/записи вследствие исключения издержек, связанных с отдельными командами. Он также позволяет создавать подлинно *стабильные* функции: так как последующие вызовы в транзакции будут использовать один снимок, результаты команд не изменятся.

Смешивать команды, только читающие, с командами, читающими и пишущими, в одной процедуре, использующей SPI, обычно неразумно; запросы только на чтение не увидят результатов изменений в базе данных, произведённых пишущими запросами.

Число строк, которые были фактически обработаны командой (последней), возвращается в глобальной переменной *SPI_processed*. Если эта функция возвращает значение *SPI_OK_SELECT*, *SPI_OK_INSERT_RETURNING*, *SPI_OK_DELETE_RETURNING* или *SPI_OK_UPDATE_RETURNING*, вы можете об-

ратиться по глобальному указателю `SPI_tupletable` `*SPI_tupletable` и прочитать строки результата. Некоторые служебные команды (например, `EXPLAIN`) также возвращают наборы строк, и `SPI_tupletable` будет содержать их результаты и в этих случаях. Другие вспомогательные команды (`COPY`, `CREATE TABLE AS`) не возвращают набор строк, так что указатель `SPI_tupletable` равен `NULL`, но они так же возвращают число обработанных строк в `SPI_processed`.

Структура `SPI_tupletable` определена так:

```
typedef struct
{
    MemoryContext tupdescctx; /* контекст таблицы результатов в памяти */
    uint64         allocated; /* число занятых значений */
    uint64         free;      /* число свободных значений */
    TupleDesc      tupdesc;   /* дескриптор строки */
    HeapTuple      *vals;     /* данные строк */
} SPI_tupletable;
```

`vals` представляет собой массив указателей на строки. (Число записей в нём указывается в `SPI_processed`.) Поле `tupdesc` содержит дескриптор строки, который вы сможете передать функциям SPI, работающими со строками. Поля `tupdescctx`, `allocated` и `free` предназначены для внутреннего использования, а не для процедур, работающих с SPI.

`SPI_finish` освобождает все структуры `SPI_tupletable`, размещённые в памяти для текущей функции на C. Вы можете освободить структуру конкретной результирующей таблицы, если она вам не нужна, вызвав `SPI_freetupletable`.

Аргументы

`const char * command`

строка с командой, которая должна быть выполнена

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение»

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается одно из следующих (неотрицательных) значений:

`SPI_OK_SELECT`

если выполнялась команда `SELECT` (но не `SELECT INTO`)

`SPI_OK_SELINTO`

если выполнялась команда `SELECT INTO`

`SPI_OK_INSERT`

если выполнялась команда `INSERT`

`SPI_OK_DELETE`

если выполнялась команда `DELETE`

`SPI_OK_UPDATE`

если выполнялась команда `UPDATE`

`SPI_OK_INSERT_RETURNING`

если выполнялась команда `INSERT RETURNING`

`SPI_OK_DELETE_RETURNING`

если выполнялась команда `DELETE RETURNING`

`SPI_OK_UPDATE_RETURNING`

если выполнялась команда `UPDATE RETURNING`

`SPI_OK_UTILITY`

если выполнялась служебная команда (например, `CREATE TABLE`)

`SPI_OK_REWRITTEN`

если команда была преобразована правилом в команду другого вида (например, `UPDATE` стал командой `INSERT`).

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если в качестве *command* передан `NULL` или *count* меньше 0

`SPI_ERROR_COPY`

при попытке выполнить `COPY TO stdout` или `COPY FROM stdin`

`SPI_ERROR_TRANSACTION`

при попытке выполнить команду управления транзакциями (`BEGIN`, `COMMIT`, `ROLLBACK`, `SAVEPOINT`, `PREPARE TRANSACTION`, `COMMIT PREPARED`, `ROLLBACK PREPARED` или любую их вариацию)

`SPI_ERROR_OPUNKNOWN`

если тип команды неизвестен (такого быть не должно)

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на С

Замечания

Все функции SPI, выполняющие запросы, заполняют и `SPI_processed`, и `SPI_tuptable` (только указатель, но не содержимое структуры). Сохраните эти две глобальные переменные в локальных переменных функции на С, если хотите обращаться к таблице результата `SPI_execute` или другой функции, выполняющей запрос, в нескольких вызовах процедуры.

SPI_exec

SPI_exec — выполнить команду чтения/записи

Синтаксис

```
int SPI_exec(const char * command, long count)
```

Описание

SPI_exec действует подобно SPI_execute, но ей не передаётся параметр *read_only* (всегда подразумевается false).

Аргументы

`const char * command`

строка с командой, которая должна быть выполнена

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

См. SPI_execute.

SPI_execute_with_args

`SPI_execute_with_args` — выполнить команду с выделенными параметрами

Синтаксис

```
int SPI_execute_with_args(const char *command,
                          int nargs, Oid *argtypes,
                          Datum *values, const char *nulls,
                          bool read_only, long count)
```

Описание

`SPI_execute_with_args` выполняет команду, которая может включать ссылки на параметры, передаваемые извне. В тексте команды параметры обозначаются символами `$n`, а в вызове указываются типы данных и значения для каждого такого символа. Параметры `read_only` и `count` имеют тот же смысл, что и в `SPI_execute`.

Основное преимущество этой функции по сравнению с `SPI_execute` в том, что она позволяет передавать в команду значения данных, не требуя кропотливой подготовки строк, и таким образом сокращает риск атак с SQL-инъекцией.

Подобного результата можно достичь, вызвав `SPI_prepare` и затем `SPI_execute_plan`; однако с данной функцией план запроса всегда подстраивается под переданные конкретные значения параметров. Поэтому для разового выполнения запроса рекомендуется применять эту функцию. Если же одна и та же команда должна выполняться с самыми разными параметрами, какой вариант окажется быстрее, будет зависеть от стоимости повторного планирования и выигрыша от выбора специализированных планов.

Аргументы

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (\$1, \$2 и т. д.)

`Oid * argtypes`

массив размера `nargs`, содержащий OID типов параметров

`Datum * values`

массив размера `nargs`, содержащий фактические значения параметров

`const char * nulls`

массив размера `nargs`, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL

Если в `nulls` передаётся NULL, `SPI_execute_with_args` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива `nulls` должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не NULL, либо 'n', если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе `values`, не учитывается.) Заметьте, что `nulls` — это не текстовая строка, а просто массив: ноль ('\\0') в конце не нужен.

`bool read_only`

true для режима выполнения «только чтение»

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute`.

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

SPI_prepare

SPI_prepare — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare(const char * command, int nargs, Oid * argtypes)
```

Описание

SPI_prepare создаёт и возвращает подготовленный оператор для заданной команды. Подготовленный оператор может быть затем неоднократно выполнен функцией SPI_execute_plan.

Когда одна и та же или похожие команды выполняются неоднократно, обычно выгоднее произвести анализ запроса только раз, а ещё выгоднее может быть повторно использовать план выполнения команды. SPI_prepare преобразует строку команды в подготовленный оператор, включающий в себя результаты анализа запроса. Подготовленный оператор также оставляет место для кэширования плана выполнения, если выбор специализированного плана для каждого выполнения не принесёт пользы.

Подготавливаемую команду можно сделать более общей, записав параметры (\$1, \$2, etc.) вместо значений, задаваемыми константами в обычной команде. Фактические значения параметров в этом случае будут задаваться при вызове SPI_execute_plan. Это позволяет применять подготовленную команду в более широком круге ситуаций, чем это возможно без параметров.

Оператор, возвращаемый функцией SPI_prepare, может использоваться только в текущем вызове функции на С, так как SPI_finish освобождает память, выделенную для такого оператора. Но этот оператор может быть сохранён на будущее с помощью функций SPI_keepplan или SPI_saveplan.

Аргументы

const char * command

строка команды

int nargs

число входных параметров (\$1, \$2 и т. д.)

Oid * argtypes

указатель на массив, содержащий OID типов параметров

Возвращаемое значение

SPI_prepare возвращает ненулевой указатель на SPIPlan, скрытую структуру, представляющую подготовленный оператор. В случае ошибки возвращается NULL, а в SPI_result устанавливается один из кодов ошибок, определённых для SPI_execute, за исключением того, что код SPI_ERROR_ARGUMENT устанавливается, когда command — NULL, когда nargs меньше 0 или когда nargs больше 0, а argtypes — NULL.

Замечания

Если параметры не определены, при первом использовании SPI_execute_plan создаётся общий план, который затем будет применяться при последующих вызовах. Если же присутствуют параметры, SPI_execute_plan будет создавать специализированные планы для конкретных значений параметров. После достаточного количества использований полученного подготовленного оператора, функция SPI_execute_plan построит общий план, и если он не будет значительно дороже специализированных, она начнёт использовать его, а не будет строить план заново. Если это поведение по умолчанию не устраивает, его можно изменить, передав флаг CURSOR_OPT_GENERIC_PLAN

или `CURSOR_OPT_CUSTOM_PLAN` в `SPI_prepare_cursor`, чтобы ограничиться использованием только общего или специализированных планов, соответственно.

Хотя основной смысл подготовленного оператора в том, чтобы избежать повторного разбора и планирования запроса, PostgreSQL всё же будет принудительно повторять разбор и планирование запроса перед его выполнением, если со времени предыдущего использования подготовленного оператора произойдут изменения определений (DDL) объектов базы, задействованных в этом запросе. Также, если перед очередным использованием было изменено значение `search_path`, запрос будет разобран заново с новым значением `search_path`. (Последняя особенность появилась в PostgreSQL 9.3.) Чтобы узнать о поведении подготовленных операторов больше, обратитесь к `PREPARE`.

Эту функцию следует вызывать только из подключённой функции на C.

`SPIPlanPtr` объявлен в `spi.h` как указатель на скрытую структуру. Пытаться обращаться к её содержимому напрямую не стоит, так как ваш код скорее всего сломается при выходе новых версий PostgreSQL.

Имя `SPIPlanPtr` объясняется отчасти историческими причинами, так как теперь эта структура может не содержать собственно план выполнения.

SPI_prepare_cursor

SPI_prepare_cursor — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare_cursor(const char * command, int nargs,  
                              Oid * argtypes, int cursorOptions)
```

Описание

Функция SPI_prepare_cursor равнозначна SPI_prepare, за исключением того, что ей можно передать «параметры курсора». Эти параметры задаются битовой маской со значениями, определёнными в nodes/parsenodes.h для поля options структуры DeclareCursorStmt. SPI_prepare подразумевает, что эти параметры всегда нулевые.

Аргументы

const char * *command*

строка команды

int *nargs*

число входных параметров (\$1, \$2 и т. д.)

Oid * *argtypes*

указатель на массив, содержащий OID типов параметров

int *cursorOptions*

битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

SPI_prepare_cursor возвращает результат по тем же соглашениям, что и SPI_prepare.

Замечания

К числу полезных бит, которые можно задать в *cursorOptions*, относятся CURSOR_OPT_SCROLL, CURSOR_OPT_NO_SCROLL, CURSOR_OPT_FAST_PLAN, CURSOR_OPT_GENERIC_PLAN и CURSOR_OPT_CUSTOM_PLAN. Заметьте, что параметр CURSOR_OPT_HOLD игнорируется.

SPI_prepare_params

SPI_prepare_params — подготовить оператор, но пока не выполнять его

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_prepare_params(const char * command,
                             ParserSetupHook parserSetup,
                             void * parserSetupArg,
                             int cursorOptions)
```

Описание

SPI_prepare_params создаёт и возвращает подготовленный оператор для заданной команды, но не выполняет саму команду. Эта функция равнозначна SPI_prepare_cursor, но позволяет вызывающему дополнительно установить функции-обработчики для управления разбором ссылок на внешние параметры.

Аргументы

`const char * command`

строка команды

`ParserSetupHook parserSetup`

Функция настройки обработчиков разбора

`void * parserSetupArg`

аргумент для сквозной передачи в `parserSetup`

`int cursorOptions`

битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

SPI_prepare_params возвращает результат по тем же соглашениям, что и SPI_prepare.

SPI_getargcount

`SPI_getargcount` — получить число аргументов, требующихся оператору, подготовленному функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_getargcount(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_getargcount` возвращает число аргументов, требующихся для выполнения оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

Возвращаемое значение

Число аргументов, которое ожидает план, заданный параметром `plan`. Если значение `plan` неверное или `NULL`, в `SPI_result` устанавливается код `SPI_ERROR_ARGUMENT`, а функция возвращает -1.

SPI_getargtypeid

`SPI_getargtypeid` — получить OID типа аргумента для оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
Oid SPI_getargtypeid(SPIPlanPtr plan, int argIndex)
```

Описание

`SPI_getargtypeid` возвращает OID, представляющий тип аргумента под номером *argIndex* оператора, подготовленного функцией `SPI_prepare`. Первый аргумент идёт под номером ноль.

Аргументы

SPIPlanPtr plan

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

int argIndex

индекс аргумента, начиная с нуля

Возвращаемое значение

OID типа аргумента с заданным индексом. Если значение *plan* неверное или NULL, либо *argIndex* меньше 0 или не меньше числа аргументов, объявленных при подготовке плана (передаваемого в *plan*), в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_ARGUMENT` и возвращается `InvalidOid`.

SPI_is_cursor_plan

`SPI_is_cursor_plan` — выдать `true`, если оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`, можно использовать с `SPI_cursor_open`

Синтаксис

```
bool SPI_is_cursor_plan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

`SPI_is_cursor_plan` возвращает `true`, если оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`, можно передать в качестве аргумента `SPI_cursor_open`, или `false` в противном случае. Для положительного ответа в `plan` должна быть представлена одна команда, и эта команда должна возвращать кортежи; например, `SELECT` может быть подходящей командой, если он не содержит предложения `INTO`, а `UPDATE` подходит, только если он содержит предложение `RETURNING`.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

Возвращаемое значение

Значение `true` или `false`, показывающее, можно ли для подготовленного оператора, заданного параметром `plan`, получить курсор, при `SPI_result` равном нулю. Если дать ответ невозможно (например, если значение `plan` неверное или `NULL`, либо вызывающий не подключён к SPI), в `SPI_result` устанавливается соответствующий код ошибки и возвращается `false`.

SPI_execute_plan

`SPI_execute_plan` — выполнить оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_execute_plan(SPIPlanPtr plan, Datum * values, const char * nulls,
                    bool read_only, long count)
```

Описание

`SPI_execute_plan` выполняет оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare` или родственными ей. Параметры `read_only` и `count` имеют тот же смысл, что и в `SPI_execute`.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`Datum * values`

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

`const char * nulls`

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в `nulls` передаётся NULL, `SPI_execute_plan` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива `nulls` должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не NULL, либо 'n', если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе `values`, не учитывается.) Заметьте, что `nulls` — это не текстовая строка, а просто массив: ноль ('\0') в конце не нужен.

`bool read_only`

true для режима выполнения «только чтение»

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute`, со следующими дополнительными вариантами ошибок (отрицательных результатов):

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

Если `plan` неверный или NULL, либо `count` меньше 0

`SPI_ERROR_PARAM`

Если в `values` передан NULL и `plan` был подготовлен с другими параметрами

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute`, если вызов был успешным.

SPI_execute_plan_with_paramlist

`SPI_execute_plan_with_paramlist` — выполнить оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
int SPI_execute_plan_with_paramlist(SPIPlanPtr plan,
                                   ParamListInfo params,
                                   bool read_only,
                                   long count)
```

Описание

`SPI_execute_plan_with_paramlist` выполняет оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`. Данная функция равнозначна `SPI_execute_plan`, не считая того, что информация о значениях параметров, передаваемых запросу, представляется по-другому. Представление `ParamListInfo` может быть удобным для передачи значений, уже имеющих нужный формат. Эта функция также поддерживает динамические наборы параметров, которые реализуются через функции-обработчики, устанавливаемые в `ParamListInfo`.

Аргументы

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`ParamListInfo params`

структура данных, содержащая типы и значения параметров; `NULL`, если их нет

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение»

`long count`

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

Возвращаемые значения те же, что и у `SPI_execute_plan`.

Переменные `SPI_processed` и `SPI_tuptable` устанавливаются как в `SPI_execute_plan`, если вызов был успешным.

SPI_execsp

SPI_execsp — выполнить оператор в режиме чтения/записи

Синтаксис

```
int SPI_execsp(SPIPlanPtr plan, Datum * values, const char * nulls, long count)
```

Описание

SPI_execsp действует подобно SPI_execute_plan, но ей не передаётся параметр *read_only* (всегда подразумевается false).

Аргументы

SPIPlanPtr *plan*

подготовленный оператор (возвращаемый функцией SPI_prepare)

Datum * *values*

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

const char * *nulls*

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в *nulls* передаётся NULL, SPI_execsp считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не NULL, либо 'n', если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль ('\0') в конце не нужен.

long *count*

максимальное число строк, которое должно быть возвращено; с 0 ограничения нет

Возвращаемое значение

См. SPI_execute_plan.

Переменные SPI_processed и SPI_tuptable устанавливаются как в SPI_execute, если вызов был успешным.

SPI_cursor_open

`SPI_cursor_open` — открыть курсор для оператора, созданного функцией `SPI_prepare`

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open(const char * name, SPIPlanPtr plan,
                       Datum * values, const char * nulls,
                       bool read_only)
```

Описание

`SPI_cursor_open` открывает курсор (внутри называемый порталом), через который будет выполняться оператор, подготовленный функцией `SPI_prepare`. Параметры этой функции имеют тот же смысл, что и соответствующие параметры `SPI_execute_plan`.

Применение курсора по сравнению с непосредственным выполнением оператора даёт двойную выгоду. Во-первых, строки результата можно получать в небольших количествах, без риска исчерпать всю память при выполнении запросов, возвращающих много строк. Во-вторых, портал может существовать и после завершения текущей функции на С (на самом деле он может просуществовать до конца текущей транзакции). Возвратив имя портала в код, вызывающий функцию на С, можно организовать выдачу результата в виде набора строк.

Переданные значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

`const char * name`

имя портала, либо `NULL`, чтобы имя выбрала система

`SPIPlanPtr plan`

подготовленный оператор (возвращаемый функцией `SPI_prepare`)

`Datum * values`

Массив фактических значений параметров. Его размер должен равняться числу аргументов оператора.

`const char * nulls`

Массив, описывающий, в каких параметрах передаётся `NULL`. Должен иметь размер, равный числу аргументов оператора.

Если в `nulls` передаётся `NULL`, `SPI_cursor_open` считает, что ни один из параметров не равен `NULL`. В противном случае элемент массива `nulls` должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не `NULL`, либо 'n', если это значение — `NULL`. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе `values`, не учитывается.) Заметьте, что `nulls` — это не текстовая строка, а просто массив: ноль ('\\0') в конце не нужен.

`bool read_only`

`true` для режима выполнения «только чтение»

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через `elog`.

SPI_cursor_open_with_args

`SPI_cursor_open_with_args` — открывает курсор для запроса с параметрами

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open_with_args(const char *name,
                                const char *command,
                                int nargs, Oid *argtypes,
                                Datum *values, const char *nulls,
                                bool read_only, int cursorOptions)
```

Описание

`SPI_cursor_open_with_args` открывает курсор (внутри называемый порталом) для выполнения заданного запроса. Большинство параметров имеют тот же смысл, что и соответствующие параметры функций `SPI_prepare_cursor` и `SPI_cursor_open`.

Для разового выполнения запроса эту функцию следует предпочесть `SPI_prepare_cursor` с последующей `SPI_cursor_open`. Если же одна и та же команда должна выполняться с самыми разными параметрами, какой вариант окажется быстрее, будет зависеть от стоимости повторного планирования и выигрыша от выбора специализированных планов.

Передаваемые значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

`const char * name`

имя портала, либо NULL, чтобы имя выбрала система

`const char * command`

строка команды

`int nargs`

число входных параметров (\$1, \$2 и т. д.)

`Oid * argtypes`

массив размера `nargs`, содержащий OID типов параметров

`Datum * values`

массив размера `nargs`, содержащий фактические значения параметров

`const char * nulls`

массив размера `nargs`, описывающий, в каких параметрах передаётся NULL

Если в `nulls` передаётся NULL, `SPI_cursor_open_with_args` считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае, элемент массива `nulls` должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не NULL, либо 'n', если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе `values`, не учитывается.) Заметьте, что `nulls` — это не текстовая строка, а просто массив: ноль ('\\0') в конце не нужен.

`bool read_only`

true для режима выполнения «только чтение»

`int cursorOptions`

битовая маска параметров курсора; 0 выбирает поведение по умолчанию

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через `elog`.

SPI_cursor_open_with_paramlist

SPI_cursor_open_with_paramlist — открыть курсор с параметрами

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_open_with_paramlist(const char *name,  
                                     SPIPlanPtr plan,  
                                     ParamListInfo params,  
                                     bool read_only)
```

Описание

SPI_cursor_open_with_paramlist открывает курсор (внутри называемый порталом) для выполнения оператора, подготовленного функцией SPI_prepare. Эта функция равнозначна SPI_cursor_open, не считая того, что информация о значениях параметров, передаваемых запросу, представляется по-другому. Представление ParamListInfo может быть удобным для передачи значений, уже имеющих нужный формат. Эта функция также поддерживает динамические наборы параметров через функции-обработчики, устанавливаемые в ParamListInfo.

Переданные значения параметров копируются в портал курсора, так что их можно освободить и во время существования курсора.

Аргументы

const char * name

имя портала, либо NULL, чтобы имя выбрала система

SPIPlanPtr plan

подготовленный оператор (возвращаемый функцией SPI_prepare)

ParamListInfo params

структура данных, содержащая типы и значения параметров; NULL, если их нет

bool read_only

true для режима выполнения «только чтение»

Возвращаемое значение

Указатель на портал, содержащий курсор. Заметьте, что соглашение о возврате ошибок отсутствует; все ошибки выдаются через elog.

SPI_cursor_find

SPI_cursor_find — найти существующий курсор по имени

Синтаксис

```
Portal SPI_cursor_find(const char * name)
```

Описание

SPI_cursor_find находит существующий портал по имени. В основном это полезно для разрешения имени курсора, возвращённого в текстовом виде какой-то другой функцией.

Аргументы

```
const char * name
```

имя портала

Возвращаемое значение

указатель на портал с заданным именем или NULL, если такой портал не найден

SPI_cursor_fetch

SPI_cursor_fetch — выбрать строки через курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_fetch(Portal portal, bool forward, long count)
```

Описание

SPI_cursor_fetch выбирает некоторое количество строк через курсор. Эта функция реализует подмножество возможностей SQL-команды FETCH (расширенную функциональность предоставляет SPI_scroll_cursor_fetch).

Аргументы

Portal *portal*

портал, содержащий курсор

bool *forward*

true для выборки с перемещением вперёд, false — назад

long *count*

максимальное число строк, которое нужно выбрать

Возвращаемое значение

Переменные SPI_processed и SPI_tuptable устанавливаются как в SPI_execute, если вызов был успешным.

Замечания

Выборка назад может не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра CURSOR_OPT_SCROLL.

SPI_cursor_move

SPI_cursor_move — переместить курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_move(Portal portal, bool forward, long count)
```

Описание

SPI_cursor_move перемещает курсор на несколько строк. Эта функция реализует подмножество возможностей SQL-команды MOVE (расширенную функциональность предоставляет SPI_scroll_cursor_move).

Аргументы

Portal *portal*

портал, содержащий курсор

bool *forward*

true для перемещения вперёд, false — назад

long *count*

максимальное число строк, на какое возможно перемещение

Замечания

Перемещение назад может не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра CURSOR_OPT_SCROLL.

SPI_scroll_cursor_fetch

SPI_scroll_cursor_fetch — выбрать строки через курсор

Синтаксис

```
void SPI_scroll_cursor_fetch(Portal portal, FetchDirection direction,  
                             long count)
```

Описание

SPI_scroll_cursor_fetch выбирает некоторое количество строк через курсор. Её функциональность равнозначна FETCH в SQL.

Аргументы

Portal *portal*

портал, содержащий курсор

FetchDirection *direction*

один из вариантов: FETCH_FORWARD, FETCH_BACKWARD, FETCH_ABSOLUTE или FETCH_RELATIVE

long *count*

число строк, выбираемых с направлением FETCH_FORWARD или FETCH_BACKWARD; абсолютный номер выбираемой строки с вариантом FETCH_ABSOLUTE; либо относительный номер выбираемой строки с вариантом FETCH_RELATIVE

Возвращаемое значение

Переменные SPI_processed и SPI_tuptable устанавливаются как в SPI_execute, если вызов был успешным.

Замечания

Подробнее о параметрах *direction* и *count* рассказывается в описании SQL-команды FETCH.

Варианты направления, отличные от FETCH_FORWARD, могут не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра CURSOR_OPT_SCROLL.

SPI_scroll_cursor_move

SPI_scroll_cursor_move — переместить курсор

Синтаксис

```
void SPI_scroll_cursor_move(Portal portal, FetchDirection direction,
                             long count)
```

Описание

SPI_scroll_cursor_move перемещает курсор на несколько строк. Её функциональность равнозначна MOVE в SQL.

Аргументы

Portal *portal*

портал, содержащий курсор

FetchDirection *direction*

один из вариантов: FETCH_FORWARD, FETCH_BACKWARD, FETCH_ABSOLUTE или FETCH_RELATIVE

long *count*

число строк, на которое сдвигается курсор, с направлением FETCH_FORWARD или FETCH_BACKWARD; абсолютный номер строки, к которой переходит курсор, с направлением FETCH_ABSOLUTE; либо относительный номер строки, к которой переходит курсор, с направлением FETCH_RELATIVE

Возвращаемое значение

В случае успеха переменная SPI_processed устанавливается как в SPI_execute. В SPI_tuptable оказывается NULL, так как эта функция не возвращает никакие строки.

Замечания

Подробнее о параметрах *direction* и *count* рассказывается в описании SQL-команды FETCH.

Варианты направления, отличные от FETCH_FORWARD, могут не поддерживаться, если план курсора был создан без параметра CURSOR_OPT_SCROLL.

SPI_cursor_close

SPI_cursor_close — закрыть курсор

Синтаксис

```
void SPI_cursor_close(Portal portal)
```

Описание

SPI_cursor_close закрывает ранее созданный курсор и освобождает память, занятую его порталом.

Все открытые курсоры закрываются автоматически в конце транзакции. Вызывать SPI_cursor_close может потребоваться, только если возникает желание освободить ресурсы скорее.

Аргументы

Portal *portal*

портал, содержащий курсор

SPI_keepplan

SPI_keepplan — сохранить подготовленный оператор

Синтаксис

```
int SPI_keepplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

SPI_keepplan закрепляет переданный оператор (подготовленный функцией SPI_prepare), чтобы он не был ликвидирован функцией SPI_finish или диспетчером транзакций. Это даёт возможность повторно использовать подготовленные операторы при последующих вызовах вашей функции на С в текущем сеансе.

Аргументы

SPIPlanPtr *plan*

подготовленный оператор, который нужно сохранить

Возвращаемое значение

0 в случае успеха; SPI_ERROR_ARGUMENT, если *plan* неверный или NULL

Замечания

Переданный оператор перемещается в постоянное хранилище путём смены указателя (копировать данные не требуется). Если позже вы захотите удалить его, выполните для него SPI_freeplan.

SPI_saveplan

SPI_saveplan — сохранить подготовленный оператор

Синтаксис

```
SPIPlanPtr SPI_saveplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

SPI_saveplan копирует переданный оператор (подготовленный функцией SPI_prepare) в память, чтобы он не был ликвидирован функцией SPI_finish или менеджером транзакций, и возвращает указатель на скопированный оператор. Это даёт возможность повторно использовать подготовленные операторы при последующих вызовах вашей функции на С в текущем сеансе.

Аргументы

SPIPlanPtr *plan*

подготовленный оператор, который нужно сохранить

Возвращаемое значение

Указатель на скопированный оператор, либо NULL в случае ошибки. При ошибке SPI_result принимает одно из этих значений:

SPI_ERROR_ARGUMENT

если *plan* неверный или NULL

SPI_ERROR_UNCONNECTED

если вызывается из неподключённой функции на С

Замечания

Изначально переданный оператор не освобождается, поэтому вы можете выполнить SPI_freeplan для него, чтобы высвободить память до SPI_finish.

В большинстве случаев SPI_keepplan предпочтительнее данной функции, так как она даёт примерно тот же результат, но обходится без физического копирования структур данных подготовленного оператора.

SPI_register_relation

`SPI_register_relation` — сделать эфемерное именованное отношение доступным по имени в запросах SPI

Синтаксис

```
int SPI_register_relation(EphemeralNamedRelation enr)
```

Описание

`SPI_register_relation` делает эфемерное именованное отношение (со связанной информацией) доступным в запросах, планируемых и выполняемых через текущее подключение SPI.

Аргументы

`EphemeralNamedRelation enr`

запись эфемерного именованного отношения в реестре

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

`SPI_OK_REL_REGISTER`

если отношение было успешно зарегистрировано по имени

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

`SPI_ERROR_ARGUMENT`

если `NULL` передан в `enr` или в поле `name`

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если вызывается из неподключённой функции на C

`SPI_ERROR_REL_DUPLICATE`

если имя, заданное в поле `name` структуры `enr`, уже зарегистрировано для этого отношения

SPI_unregister_relation

SPI_unregister_relation — удалить эфемерное именованное отношение из реестра

Синтаксис

```
int SPI_unregister_relation(const char * name)
```

Описание

SPI_unregister_relation удаляет эфемерное именованное отношение из реестра для текущего подключения.

Аргументы

```
const char * name
```

имя записи отношения в реестре

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

```
SPI_OK_REL_UNREGISTER
```

если совокупность кортежей была успешно удалена из реестра

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

```
SPI_ERROR_ARGUMENT
```

если в *name* передан NULL

```
SPI_ERROR_UNCONNECTED
```

если вызывается из неподключённой функции на С

```
SPI_ERROR_REL_NOT_FOUND
```

если *name* не находится в реестре для текущего подключения

SPI_register_trigger_data

SPI_register_trigger_data — сделать эфемерные данные триггера доступными в запросах SPI

Синтаксис

```
int SPI_register_trigger_data(TriggerData *tdata)
```

Описание

SPI_register_trigger_data делает эфемерные отношения, которые перехватывает триггер, доступными для запросов, планируемых и выполняемых через текущее подключение SPI. В настоящее время это переходные таблицы, перехватываемые триггером AFTER, определённым с предложением REFERENCING OLD/NEW TABLE AS. Эта функция должна вызываться функцией, реализующей триггер на языке программирования, после подключения.

Аргументы

TriggerData *tdata

объект TriggerData, передаваемый функцией, реализующей триггер, через fcinfo->context

Возвращаемое значение

Если команда была выполнена успешно, возвращается следующее (неотрицательное) значение:

SPI_OK_TD_REGISTER

если перехваченные данные триггера (при наличии) были успешно зарегистрированы

В случае ошибки возвращается одно из следующих отрицательных значений:

SPI_ERROR_ARGUMENT

если в tdata передан NULL

SPI_ERROR_UNCONNECTED

если вызывается из неподключённой функции на C

SPI_ERROR_REL_DUPLICATE

если имя в любом из переходных отношений в данных триггера уже зарегистрировано для этого подключения

47.2. Вспомогательные интерфейсные функции

Функции, описанные здесь, предоставляют возможности для извлечения информации из наборов результатов, возвращаемых SPI_execute и другими функциями SPI.

Все функции, описанные в этом разделе, могут использоваться и в подключённых, и в неподключённых функциях на C.

SPI_fname

SPI_fname — определить имя столбца с заданным номером

Синтаксис

```
char * SPI_fname(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

SPI_fname возвращает копию имени столбца с заданным номером. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью pfree.)

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Имя столбца; NULL, если `colnumber` вне допустимого диапазона. В случае ошибки в SPI_result устанавливается SPI_ERROR_NOATTRIBUTE.

SPI_fnumber

`SPI_fnumber` — определить номер столбца с заданным именем

Синтаксис

```
int SPI_fnumber(TupleDesc rowdesc, const char * colname)
```

Описание

`SPI_fnumber` возвращает номер столбца, имеющего заданное имя.

Если `colname` ссылается на системный столбец (например, `oid`), возвращается соответствующий отрицательный номер столбца. Вызывающий должен проверять, не была ли возвращена ошибка, сравнивая значение результата именно с `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`; проверка результата по условию меньше или равно нулю не будет корректной, если только системные столбцы не должны исключаться.

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`const char * colname`

имя столбца

Возвращаемое значение

Номер столбца (начиная с 1 для столбцов, создаваемых пользователем), либо `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`, если столбец с заданным именем не найден.

SPI_getvalue

`SPI_getvalue` — получить строковое значение указанного столбца

Синтаксис

```
char * SPI_getvalue(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_getvalue` возвращает строковое представление значения указанного столбца.

Результат возвращается в памяти, размещённой функцией `palloc`. (Когда он будет не нужен, эту память можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`HeapTuple row`

строка с нужными данными

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Значение столбца, либо `NULL`, если столбец содержит `NULL`, `colnumber` вне допустимого диапазона (в `SPI_result` при этом устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`) или если отсутствует функция вывода (в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOOUTFUNC`).

SPI_getbinval

`SPI_getbinval` — получить двоичное значение указанного столбца

Синтаксис

```
Datum SPI_getbinval(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc, int colnumber,  
                    bool * isnull)
```

Описание

`SPI_getbinval` возвращает значение указанного столбца во внутренней форме (в структуре `Datum`).

Эта функция не выделяет новый блок памяти для данных. В случае с типом, передаваемым по ссылке, возвращаемым значением будет указатель на переданную строку данных.

Аргументы

`HeapTuple row`
строка с нужными данными

`TupleDesc rowdesc`
описание строк

`int colnumber`
номер столбца (начиная с 1)

`bool * isnull`
признак того, что столбец содержит NULL

Возвращаемое значение

Возвращается двоичное значение столбца. Если этот столбец содержит NULL, переменной, на которую указывает `isnull`, присваивается `true`; в противном случае — `false`.

При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_gettype

`SPI_gettype` — получить имя типа данных указанного столбца

Синтаксис

```
char * SPI_gettype(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

`SPI_gettype` возвращает копию имени типа данных указанного столбца. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью `pfree`.)

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

Имя типа данных указанного столбца, либо `NULL` в случае ошибки. При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_gettypeid

SPI_gettypeid — получить OID типа данных указанного столбца

Синтаксис

```
Oid SPI_gettypeid(TupleDesc rowdesc, int colnumber)
```

Описание

SPI_gettypeid возвращает OID типа данных указанного столбца.

Аргументы

`TupleDesc rowdesc`

описание строк

`int colnumber`

номер столбца (начиная с 1)

Возвращаемое значение

OID типа данных указанного столбца, либо `InvalidOid` в случае ошибки. При ошибке в `SPI_result` устанавливается `SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`.

SPI_getrelname

SPI_getrelname — возвращает имя указанного отношения

Синтаксис

```
char * SPI_getrelname(Relation rel)
```

Описание

SPI_getrelname возвращает копию имени указанного отношения. (Когда эта копия имени будет не нужна, её можно освободить с помощью pfree.)

Аргументы

Relation rel

целевое отношение

Возвращаемое значение

Имя указанного отношения.

SPI_getnspname

SPI_getnspname — возвращает пространство имён указанного отношения

Синтаксис

```
char * SPI_getnspname(Relation rel)
```

Описание

SPI_getnspname возвращает копию имени пространства имён, к которому принадлежит указанное отношение (`Relation`). Пространство имён по-другому называется схемой отношения. Когда значение, возвращённое этой функцией, будет не нужно, освободите его с помощью `pfree`.

Аргументы

`Relation rel`
целевое отношение

Возвращаемое значение

Имя пространства имён указанного отношения.

SPI_result_code_string

`SPI_result_code_string` — возвращает код ошибки в виде строки

Синтаксис

```
const char * SPI_result_code_string(int code);
```

Описание

`SPI_result_code_string` выдаёт строковое представление для кода результата, который возвращается различными функциями SPI или находится в `SPI_result`.

Аргументы

`int code`

код результата

Возвращаемое значение

Строковое представление кода результата.

47.3. Управление памятью

PostgreSQL выделяет память в *контекстах памяти*, и тем самым реализует удобный способ управления выделением памяти в различных местах, с разными сроками жизни выделенной памяти. При уничтожении контекста освобождается вся выделенная в нём память. Таким образом, нет необходимости контролировать каждый отдельный объект во избежание утечек памяти; вместо этого достаточно управлять только небольшим числом контекстов. Функция `palloc` и родственные ей освобождают память из «текущего» контекста.

`SPI_connect` создаёт новый контекст памяти и делает его текущим. `SPI_finish` восстанавливает контекст, который был текущим до этого, и уничтожает контекст, созданный функцией `SPI_connect`. Эти действия обеспечивают при выходе из вашей функции на C освобождение временной памяти, выделенной внутри этой функции, во избежание утечки памяти.

Однако если ваша функция на C должна вернуть объект в выделенной памяти (как значение типа, передаваемого по ссылке), эту память нельзя выделять через `palloc`, как минимум пока установлено подключение к SPI. Если вы попытаетесь это сделать, объект будет освобождён при вызове `SPI_finish` и ваша функция не будет работать надёжно. Для решения этой проблемы выделяйте память для возвращаемого объекта, используя `SPI_palloc`. `SPI_palloc` выделяет память в «верхнем контексте исполнителя», то есть, в контексте памяти, который был текущим при вызове `SPI_connect`; именно этот контекст подходит для значения, возвращаемого из функции на C. Некоторые из вспомогательных функций, описанных в этом разделе, также возвращают объекты, созданные в верхнем контексте исполнителя.

Когда вызывается `SPI_connect`, текущим контекстом становится частный контекст функции на C, создаваемый в `SPI_connect`. Все операции выделения памяти, выполняемые функциями `palloc`, `repalloc` или служебными функциями SPI (кроме описанных в этом разделе исключений), производятся в этом контексте. Когда функция на C отключается от менеджера SPI (выполняя `SPI_finish`), текущим контекстом снова становится верхний контекст исполнителя, а вся память, выделенная в контексте этой функции, освобождается, так что использовать её дальше нельзя.

SPI_palloc

SPI_palloc — выделить память в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void * SPI_palloc(Size size)
```

Описание

SPI_palloc выделяет память в верхнем контексте исполнителя.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она выдаёт ошибку.

Аргументы

Size *size*

размер выделяемой памяти, в байтах

Возвращаемое значение

указатель на выделенный блок памяти заданного размера

SPI_repalloc

SPI_repalloc — поменять блок памяти в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void * SPI_repalloc(void * pointer, Size size)
```

Описание

SPI_repalloc изменяет размер блока памяти, ранее выделенного функцией SPI_palloc.

Эта функция теперь не отличается от простой repalloc. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

`void * pointer`

указатель на существующий блок памяти, подлежащий изменению

`Size size`

размер выделяемой памяти, в байтах

Возвращаемое значение

указатель на новый блок памяти указанного размера, в который скопировано содержимое прежнего блока

SPI_pfree

SPI_pfree — освободить память в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void SPI_pfree(void * pointer)
```

Описание

SPI_pfree освобождает память, ранее выделенную функцией SPI_palloc или SPI_realloc.

Эта функция теперь не отличается от простой pfree. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

```
void * pointer
```

указатель на существующий блок памяти, подлежащий освобождению

SPI_copytuple

SPI_copytuple — скопировать строку в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
HeapTuple SPI_copytuple(HeapTuple row)
```

Описание

SPI_copytuple делает копию строки в верхнем контексте исполнителя. Обычно это применяется, когда нужно вернуть изменённую строку из триггера. В функции, которая должна возвращать составной тип, нужно использовать SPI_returntuple.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в SPI_result значение SPI_ERROR_UNCONNECTED.

Аргументы

HeapTuple row

строка, подлежащая копированию

Возвращаемое значение

скопированная строка либо NULL в случае ошибки (SPI_result содержит код ошибки)

SPI_returntuple

SPI_returntuple — подготовить строку для возврата в виде Datum

Синтаксис

```
HeapTupleHeader SPI_returntuple(HeapTuple row, TupleDesc rowdesc)
```

Описание

SPI_returntuple делает копию строки в верхнем контексте исполнителя и возвращает её в форме типа Datum. Чтобы выдать результат, полученный указатель остаётся только преобразовать в Datum функцией PointerGetDatum.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в SPI_result значение SPI_ERROR_UNCONNECTED.

Заметьте, что эту операцию следует применять в функциях, объявленных как возвращающие составные типы. В триггерах она не применяется; чтобы вернуть изменённую строку из триггера, используйте SPI_copytuple.

Аргументы

HeapTuple row

строка, подлежащая копированию

TupleDesc rowdesc

дескриптор строки (передавайте каждый раз один дескриптор для более эффективного кеширования)

Возвращаемое значение

HeapTupleHeader, указывающий на скопированную строку, или NULL в случае ошибки (SPI_result содержит код ошибки)

SPI_modifytuple

SPI_modifytuple — создать строку, заменяя отдельные поля в данной

Синтаксис

```
HeapTuple SPI_modifytuple(Relation rel, HeapTuple row, int ncols,
                          int * colnum, Datum * values, const char * nulls)
```

Описание

SPI_modifytuple создаёт новую строку, подставляя новые значения для указанных столбцов и копируя исходное содержимое остальных столбцов. Исходная строка не изменяется. Новая строка возвращается в верхнем контексте исполнителя.

Эту функцию можно использовать только когда установлено подключение к SPI. В противном случае она возвращает NULL и устанавливает в SPI_result значение SPI_ERROR_UNCONNECTED.

Аргументы

Relation *rel*

Используется только в качестве дескриптора строки. (Передача отношения вместо собственно дескриптора строки — нехорошая особенность.)

HeapTuple *row*

строка, подлежащая изменению

int *ncols*

число изменяемых столбцов

int * *colnum*

массив длины *ncols*, содержащий номера изменяемых столбцов (начиная с 1)

Datum * *values*

массив длины *ncols*, содержащий новые значения указанных столбцов

const char * *nulls*

массив длины *ncols*, описывающий, в каких столбцах передаётся NULL

Если в *nulls* передаётся NULL, SPI_modifytuple считает, что ни один из параметров не равен NULL. В противном случае элемент массива *nulls* должен содержать ' ', если значение соответствующего параметра не NULL, либо 'n', если это значение — NULL. (В последнем случае значение, переданное в соответствующем элементе *values*, не учитывается.) Заметьте, что *nulls* — это не текстовая строка, а просто массив: ноль '\0' в конце не нужен.

Возвращаемое значение

новая строка с изменениями, размещённая в верхнем контексте исполнителя, или NULL при ошибке (SPI_result содержит код ошибки)

В случае ошибки в SPI_result устанавливается:

SPI_ERROR_ARGUMENT

если *rel* — NULL, либо *row* — NULL, либо *ncols* меньше или равно 0, либо *colnum* — NULL, либо *values* — NULL

`SPI_ERROR_NOATTRIBUTE`

если *colnum* содержит недопустимый номер столбца (меньше или равен 0, либо больше числа столбцов в строке *row*)

`SPI_ERROR_UNCONNECTED`

если SPI неактивен

SPI_freetuple

SPI_freetuple — освободить строку, размещённую в верхнем контексте исполнителя

Синтаксис

```
void SPI_freetuple(HeapTuple row)
```

Описание

SPI_freetuple освобождает строку, ранее размещённую в верхнем контексте исполнителя.

Эта функция теперь не отличается от простой heap_freetuple. Она сохранена только для обратной совместимости с существующим кодом.

Аргументы

HeapTuple row

строка, подлежащая освобождению

SPI_freetuptable

SPI_freetuptable — освободить набор строк, созданный SPI_execute или подобной функцией

Синтаксис

```
void SPI_freetuptable(SPITupleTable * tuptable)
```

Описание

SPI_freetuptable освобождает набор строк, созданных предыдущей функцией SPI выполнения команд, например SPI_execute. Таким образом, при вызове этой функции в качестве аргумента часто передаётся глобальная переменная SPI_tuptable.

Эта функция полезна, когда функция на С, использующая SPI, должна выполнить несколько команд, но не хочет сохранять результаты предыдущих команд до завершения. Заметьте, что любые не освобождённые таким образом наборы строк будут всё равно освобождены при выполнении SPI_finish. Кроме того, если была запущена подтранзакция, а затем она прервалась в ходе выполнения использующей SPI функции, все наборы строк, созданные в рамках подтранзакции, будут автоматически освобождены.

Начиная с PostgreSQL версии 9.3, SPI_freetuptable содержит защитную логику, отфильтровывающую повторные запросы на удаление одного и того же набора строк. В предыдущих версиях повторное удаление могло приводить к сбоям.

Аргументы

```
SPITupleTable * tuptable
```

указатель на набор строк, который нужно освободить (если NULL, ничего не происходит)

SPI_freeplan

SPI_freeplan — освободить ранее сохранённый подготовленный оператор

Синтаксис

```
int SPI_freeplan(SPIPlanPtr plan)
```

Описание

SPI_freeplan освобождает подготовленный оператор, до этого выданный функцией SPI_prepare или сохранённый функциями SPI_keepplan и SPI_saveplan.

Аргументы

SPIPlanPtr *plan*

указатель на оператор, подлежащий освобождению

Возвращаемое значение

0 в случае успеха; SPI_ERROR_ARGUMENT, если *plan* неверный или NULL

47.4. Управление транзакциями

Выполнять команды управления транзакциями (в частности, COMMIT и ROLLBACK) через функции SPI, такие как SPI_execute, нельзя. Однако имеются отдельные интерфейсные функции, которые предназначены для управления транзакциями через SPI.

Вообще говоря, не всегда безопасно и разумно начинать и заканчивать транзакции в произвольных определяемых пользователями функциях, вызываемых из SQL, не принимая во внимание контекст их вызова. Например, завершение транзакции в середине функции, вызванной в сложном SQL-выражении внутри некоторой SQL-команды, скорее всего приведёт к странным внутренним ошибкам или сбоям. Представленные здесь интерфейсные функции прежде всего предназначены для использования реализациями процедурных языков с целью управления транзакциями в процедурах уровня SQL, вызываемых командой CALL (при этом учитывается её контекст). Та же логика может быть реализована в процедурах на C, использующих SPI, но подробное освещение этой темы выходит за рамки данной документации.

SPI_commit

SPI_commit — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
void SPI_commit(void)
```

Описание

SPI_commit фиксирует текущую транзакцию. Это примерно равносильно выполнению SQL-команды COMMIT. После того как транзакция зафиксирована, для выполнения дальнейших действий в базе данных необходимо начать новую, вызвав SPI_start_transaction.

Эта функцию можно выполнить, только если SPI-подключение переведено в неатомарный режим в результате вызова SPI_connect_ext.

SPI_rollback

SPI_rollback — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
void SPI_rollback(void)
```

Описание

SPI_rollback откатывает текущую транзакцию. Это примерно равносильно выполнению SQL-команды ROLLBACK. После того как транзакция отменена, для выполнения дальнейших действий в базе данных необходимо начать новую, вызвав SPI_start_transaction.

Эта функцию можно выполнить, только если SPI-подключение переведено в неатомарный режим в результате вызова SPI_connect_ext.

SPI_start_transaction

SPI_start_transaction — начать новую транзакцию

Синтаксис

```
void SPI_start_transaction(void)
```

Описание

Функция SPI_start_transaction начинает новую транзакцию. Она может вызываться только после SPI_commit или SPI_rollback, когда нет активной транзакции. Обычно, когда вызывается процедура, использующая SPI, транзакция уже выполняется, поэтому при попытке начать ещё одну до завершения текущей возникнет ошибка.

Эта функцию можно выполнить, только если SPI-подключение переведено в неатомарный режим в результате вызова SPI_connect_ext.

47.5. Видимость изменений в данных

Видимость изменений в данных, которые производятся функциями, использующими SPI, (или любыми другими функциями на C), описывается следующими правилами:

- В процессе выполнения SQL-команды любые произведённые ей изменения не видны для неё самой. Например, в команде:

```
INSERT INTO a SELECT * FROM a;
```

вставляемые строки не видны в части SELECT.
- Изменения, произведённые командой K, видны во всех командах, запущенных после K, независимо от того, были ли эти команды запущены из K (во время выполнения K) или после завершения K.
- Команды, выполняемые через SPI внутри функции, вызванной SQL-командой (будь то обычная функция или триггер), следуют одному или другому из вышеприведённых правил в зависимости флага чтения/записи, переданного SPI. Команды, выполняемые в режиме «только чтение», следуют первому правилу: они не видят изменений, произведённых вызывающей командой. Команды, выполняемые в режиме «чтение-запись», следуют второму правилу: они могут видеть все произведённые к этому времени изменения.
- Все стандартные процедурные языки устанавливают режим чтения-записи в SPI в зависимости от атрибута изменчивости функции. Команды функций STABLE и IMMUTABLE выполняются в режиме «только чтение», тогда как команды функций VOLATILE — в режиме «чтение-запись». Хотя авторы функций на C могут нарушить это соглашение, вряд ли это будет хорошей идеей.

В следующем разделе приводится пример, иллюстрирующий применение этих правил.

47.6. Примеры

Этот раздел содержит очень простой пример использования SPI. Функция exesq принимает в качестве первого аргумента команду SQL, а в качестве второго число строк, выполняет команду, вызывая SPI_exec, и возвращает число строк, обработанных этой командой. Более сложные примеры работы с SPI вы можете найти в src/test/regress/regress.c в дереве исходного кода, а также в модуле spi.

```
#include "postgres.h"
```

```
#include "executor/spi.h"
#include "utils/builtins.h"

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(execq);

Datum
execq(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    char *command;
    int cnt;
    int ret;
    uint64 proc;

    /* Преобразовать данный текстовый объект в строку C */
    command = text_to_cstring(PG_GETARG_TEXT_PP(1));
    cnt = PG_GETARG_INT32(2);

    SPI_connect();

    ret = SPI_exec(command, cnt);

    proc = SPI_processed;
    /*
     * Если были выбраны какие-то строки, вывести их через elog(INFO).
     */
    if (ret > 0 && SPI_tuptable != NULL)
    {
        TupleDesc tupdesc = SPI_tuptable->tupdesc;
        SPITupleTable *tuptable = SPI_tuptable;
        char buf[8192];
        uint64 j;

        for (j = 0; j < proc; j++)
        {
            HeapTuple tuple = tuptable->vals[j];
            int i;

            for (i = 1, buf[0] = 0; i <= tupdesc->natts; i++)
                snprintf(buf + strlen(buf), sizeof(buf) - strlen(buf), " %s%s",
                        SPI_getvalue(tuple, tupdesc, i),
                        (i == tupdesc->natts) ? " " : " |");
            elog(INFO, "EXECQ: %s", buf);
        }
    }

    SPI_finish();
    pfree(command);

    PG_RETURN_INT64(proc);
}
```

Так эта функция будет объявляться после того, как она будет скомпилирована в разделяемую библиотеку (подробности в Подразделе 38.10.5):

```
CREATE FUNCTION execq(text, integer) RETURNS int8
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C STRICT;
```

Демонстрация использования:

```
=> SELECT execq('CREATE TABLE a (x integer)', 0);
execq
-----
      0
(1 row)

=> INSERT INTO a VALUES (execq('INSERT INTO a VALUES (0)', 0));
INSERT 0 1
=> SELECT execq('SELECT * FROM a', 0);
INFO:  EXECQ:  0      -- вставлено функцией execq
INFO:  EXECQ:  1      -- возвращено функцией execq и вставлено командой INSERT

execq
-----
      2
(1 row)

=> SELECT execq('INSERT INTO a SELECT x + 2 FROM a', 1);
execq
-----
      1
(1 row)

=> SELECT execq('SELECT * FROM a', 10);
INFO:  EXECQ:  0
INFO:  EXECQ:  1
INFO:  EXECQ:  2      -- 0 + 2, вставлена только одна строка – как указано

execq
-----
      3      -- 10 – только максимальное значение, 3 – реальное число строк
(1 row)

=> DELETE FROM a;
DELETE 3
=> INSERT INTO a VALUES (execq('SELECT * FROM a', 0) + 1);
INSERT 0 1
=> SELECT * FROM a;
x
---
      1      -- нет строк в а (0) + 1
(1 row)

=> INSERT INTO a VALUES (execq('SELECT * FROM a', 0) + 1);
INFO:  EXECQ:  1
INSERT 0 1
=> SELECT * FROM a;
x
---
      1
      2      -- была одна строка в а + 1
(2 rows)

-- Этот пример демонстрирует правило видимости изменений в данных:

=> INSERT INTO a SELECT execq('SELECT * FROM a', 0) * x FROM a;
```

```
INFO: EXECQ: 1
INFO: EXECQ: 2
INFO: EXECQ: 1
INFO: EXECQ: 2
INFO: EXECQ: 2
INSERT 0 2
=> SELECT * FROM a;
  x
---
 1
 2
 2      -- 2 строки * 1 (x в первой в строке)
 6      -- 3 строки (2 + 1 только вставленная) * 2 (x во второй строке)
(4 rows)      ^^^^^^
               строки, видимые в ехесq() при разных вызовах
```

Глава 48. Фоновые рабочие процессы

PostgreSQL поддерживает расширенную возможность запускать пользовательский код в отдельных процессах. Такие процессы запускаются, останавливаются и контролируются главным процессом `postgres`, который позволяет тесно связать их жизненный цикл с состоянием сервера. Эти процессы могут получать доступ к области разделяемой памяти PostgreSQL и устанавливать внутренние подключения к базам данных; они также могут последовательно запускать транзакции, как и обычные серверные процессы, обслуживающие клиентов. Кроме того, используя `libpq`, они могут подключаться к серверу и работать как обычные клиентские приложения.

Предупреждение

С использованием фоновых рабочих процессов сопряжены угрозы стабильности и безопасности, так как они реализуются на языке C, и значит имеют неограниченный доступ к данным. Администраторы, желающие использовать модули, в которых задействованы фоновые рабочие процессы, должны быть крайне осторожными. Запускать рабочие процессы можно разрешать только модулям, прошедшим всесторонний аудит.

Рабочие процессы могут инициализироваться во время запуска PostgreSQL, если имя соответствующего модуля добавлено в `shared_preload_libraries`. Модуль, желающий запустить рабочий процесс, может зарегистрировать его, вызвав `RegisterBackgroundWorker` (`BackgroundWorker *worker`) из своей функции `_PG_init()`. Рабочие процессы также могут быть запущены после запуска системы с помощью функции `RegisterDynamicBackgroundWorker` (`BackgroundWorker *worker`, `BackgroundWorkerHandle **handle`). В отличие от `RegisterBackgroundWorker`, которую можно вызывать только из главного управляющего процесса, `RegisterDynamicBackgroundWorker` должна вызываться из обычного обслуживающего процесса или другого рабочего процесса.

Структура `BackgroundWorker` определяется так:

```
typedef void (*bgworker_main_type) (Datum main_arg);
typedef struct BackgroundWorker
{
    char        bgw_name[BGW_MAXLEN];
    char        bgw_type[BGW_MAXLEN];
    int         bgw_flags;
    BgWorkerStartTime bgw_start_time;
    int         bgw_restart_time; /* время в секундах либо BGW_NEVER_RESTART */
    char        bgw_library_name[BGW_MAXLEN];
    char        bgw_function_name[BGW_MAXLEN];
    Datum       bgw_main_arg;
    char        bgw_extra[BGW_EXTRALEN];
    int         bgw_notify_pid;
} BackgroundWorker;
```

Поля `bgw_name` и `bgw_type` содержат строки, выводимые в отладочных сообщениях, списках процессов и подобных контекстах. Строка `bgw_type` должна быть одинаковой для всех рабочих процессов одного типа, чтобы такие процессы можно было сгруппировать, например, в списке процессов. `bgw_name`, с другой стороны, может содержать дополнительную информацию об определённом процессе. (Обычно строка `bgw_name` содержит тип в некотором виде, но строго это не требуется.)

Поле `bgw_flags` представляет битовую маску, обозначающую запрашиваемые модулем возможности. Допустимые в нём флаги:

`BGWORKER_SHMEM_ACCESS`

Запрашивается доступ к общей памяти. Рабочие процессы без доступа к общей памяти не могут обращаться к общим структурам данных PostgreSQL, в частности, к обычным и лёгким блоки-

ровкам, общим буферам, или каким-либо структурам данным, которые рабочий процесс может создавать для собственного пользования.

BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION

Запрашивается возможность устанавливать подключение к базе данных, через которое можно запускать транзакции и запросы. Рабочий процесс, использующий BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION для подключения к базе данных, должен также запросить доступ к разделяемой памяти, установив BGWORKER_SHMEM_ACCESS; в противном случае процесс не запустится.

В `bgw_start_time` определяется состояние сервера, в котором `postgres` должен запустить этот процесс; возможные варианты: `BgWorkerStart_PostmasterStart` (выполнить запуск сразу после того, как `postgres` завершит инициализацию; процессы, выбирающие такой режим, не могут подключаться к базам данных), `BgWorkerStart_ConsistentState` (выполнить запуск, когда будет достигнуто согласованное состояние горячего резерва, и когда процессы могут подключаться к базам данных и выполнять запросы на чтение), и `BgWorkerStart_RecoveryFinished` (выполнить запуск, как только система перейдёт в обычный режим чтения-записи). Заметьте, что два последних варианта различаются только для серверов горячего резерва. Заметьте также, что этот параметр указывает только, когда должны запускаться процессы; при переходе в другое состояние они не будут останавливаться.

`bgw_restart_time` задаёт паузу (в секундах), которую должен сделать `postgres`, прежде чем перезапускать процесс в случае его отказа. Это может быть любое положительное значение, либо `BGW_NEVER_RESTART`, указывающее, что процесс не нужно перезапускать в случае сбоя.

`bgw_library_name` определяет имя библиотеки, в которой следует искать точку входа для запуска рабочего процесса. Указанная библиотека будет динамически загружена рабочим процессом, а вызываемая функция будет выбрана по имени `bgw_function_name`. Для функции, загружаемой из кода ядра, в этом поле должно быть "postgres".

`bgw_function_name` определяет имя функции в динамически загружаемой библиотеке, которая будет точкой входа в новый рабочий процесс.

В `bgw_main_arg` задаётся аргумент `Datum`, передаваемый основной функции фонового процесса. Эта функция должна принимать один аргумент типа `Datum` и возвращать `void`. В качестве этого аргумента ей и передаётся `bgw_main_arg`. Кроме того, глобальная переменная `MyBgworkerEntry` указывает на копию структуры `BackgroundWorker`, переданной при регистрации; содержимое этой структуры может быть полезно рабочему процессу.

В Windows (и везде, где определяется `EXEC_BACKEND`) или в динамических рабочих процессах передавать `Datum` по ссылке небезопасно, возможна только передача по значению. Поэтому если функции требуется аргумент, наиболее безопасно будет передать `int32` или другое небольшое значение, содержащее индекс в массиве, размещённом в разделяемой памяти. Если же попытаться передать значение `cstring` или `text`, этот указатель нельзя будет использовать в новом рабочем процессе.

Поле `bgw_extra` может содержать дополнительные данные, передаваемые фоновому рабочему процессу. В отличие от `bgw_main_arg`, эти данные не передаются в качестве аргумента основной функции рабочего процесса, но могут быть получены через `MyBgworkerEntry`, как описывалось выше.

В `bgw_notify_pid` задаётся PID обслуживающего процесса PostgreSQL, которому главный процесс должен посылать сигнал `SIGUSR1` при запуске и завершении нового рабочего процесса. Это поле должно содержать 0 для рабочих процессов, регистрируемых при запуске главного процесса, либо когда обслуживающий процесс не желает ждать окончания запуска рабочего процесса. Во всех остальных случаях в нём должно быть значение `MyProcPid`.

Запущенный процесс может подключиться к базе данных, вызвав `BackgroundWorkerInitializeConnection(char *dbname, char *username, uint32 flags)` или `BackgroundWorkerInitializeConnectionByOid(Oid dboid, Oid useroid, uint32 flags)`. Через это

подключение процесс может выполнять транзакции и запросы, используя интерфейс SPI. Если в `dbname` передаётся `NULL` или `dboid` равен `InvalidOid`, сеанс не подключается ни к какой конкретной базе данных, но может обращаться к общим каталогам. Если в `username` передаётся `NULL` или `userid` равен `InvalidOid`, процесс будет действовать от имени суперпользователя, созданного во время `initdb`. Значение `BGWORKER_BYPASS_ALLOWCONN` в поле `flags` позволяет подключаться к базам, не принимающим подключения пользователей. Рабочий процесс может вызвать только одну из этих двух функций и только один раз. Переключаться между базами данных он не может.

Сигналы изначально блокируются при вызове основной функции рабочего процесса и должны быть разблокированы ей: это позволяет процессу при необходимости настроить собственные обработчики событий. Новый процесс может разблокировать сигналы, вызвав `BackgroundWorkerUnblockSignals`, и заблокировать их, вызвав `BackgroundWorkerBlockSignals`.

Если `bgw_restart_time` для рабочего процесса имеет значение `BGW_NEVER_RESTART`, либо он завершается с кодом выхода 0, либо если его работа заканчивается вызовом `TerminateBackgroundWorker`, он автоматически перестаёт контролироваться управляющим процессом при выходе. В противном случае он будет перезапущен через время, заданное в `bgw_restart_time`, либо немедленно, если управляющему серверу пришлось переинициализировать кластер из-за сбоя обслуживающего процесса. Обслуживающие процессы, которым нужно только приостановить своё выполнение на время, должны переходить в состояние прерываемого ожидания, а не завершаться; для этого используется функция `WaitLatch()`. При вызове этой функции обязательно установите флаг `WL_POSTMASTER_DEATH` и проверьте код возврата, чтобы корректно выйти в экстренном случае, когда был завершён сам `postgres`.

Когда рабочий процесс регистрируется функцией `RegisterDynamicBackgroundWorker`, обслуживающий процесс, производящий эту регистрацию, может получить информацию о состоянии порождённого процесса. Обслуживающие процессы, желающие сделать это, должны передать адрес `BackgroundWorkerHandle *` во втором аргументе `RegisterDynamicBackgroundWorker`. Если рабочий процесс успешно зарегистрирован, по этому адресу будет записан указатель на скрытую структуру, который можно затем передать функции `GetBackgroundWorkerPid(BackgroundWorkerHandle *, pid_t *)` или `TerminateBackgroundWorker(BackgroundWorkerHandle *)`. Вызывая `GetBackgroundWorkerPid`, можно опрашивать состояние рабочего процесса: значение результата `BGWH_NOT_YET_STARTED` показывает, что рабочий процесс ещё не запущен управляющим; `BGWH_STOPPED` показывает, что он был запущен, но сейчас не работает; и `BGWH_STARTED` показывает, что он работает в данный момент. В последнем случае через второй аргумент также возвращается PID этого процесса. Обработывая вызов `TerminateBackgroundWorker`, управляющий процесс посылает `SIGTERM` рабочему процессу, если он работает, и перестаёт его контролировать сразу по его завершении.

В некоторых случаях процессу, регистрирующему рабочий процесс, может потребоваться дождаться завершения запуска этого процесса. Это можно реализовать, записав в `bgw_notify_pid` значение `MyProcPid`, а затем передав указатель `BackgroundWorkerHandle *`, полученный во время регистрации, функции `WaitForBackgroundWorkerStartup(BackgroundWorkerHandle *handle, pid_t *)`. Эта функция заблокирует выполнение, пока управляющий процесс не попытается запустить рабочий процесс, либо пока сам управляющий процесс не завершится. Если рабочий процесс запущен, возвращается значение `BGWH_STARTED` и по переданному адресу записывается PID. В противном случае возвращается `BGWH_STOPPED` или `BGWH_POSTMASTER_DIED`.

Процесс также может ожидать завершения рабочего процесса, вызвав функцию `WaitForBackgroundWorkerShutdown(BackgroundWorkerHandle *handle)` с указателем `BackgroundWorkerHandle *`, полученным при регистрации. Эта функция заблокирует выполнение, пока не завершится рабочий процесс либо управляющий процесс. При завершении рабочего процесса эта функция возвращает `BGWH_STOPPED`, а при завершении управляющего — `BGWH_POSTMASTER_DIED`.

Если фоновый рабочий процесс передаёт асинхронные уведомления, вызывая команду `NOTIFY` через SPI (Server Programming Interface, Интерфейс программирования сервера), он должен явно вызвать `ProcessCompletedNotifies` после фиксации окружающей транзакции, чтобы все эти уве-

домления были доставлены. Если рабочий процесс регистрируется для получения асинхронных уведомлений, вызвав `LISTEN` через `SPI`, уведомления будут выводиться, но перехватить и обработать эти уведомления программным образом нет возможности.

Рабочий пример, демонстрирующий некоторые полезные приёмы, можно найти в модуле `src/test/modules/worker_spi`.

Максимальное число рабочих процессов, которые можно зарегистрировать, ограничивается значением `max_worker_processes`.

Глава 49. Логическое декодирование

PostgreSQL обеспечивает инфраструктуру для потоковой передачи изменений, выполняемых через SQL, внешним потребителям. Эта функциональность может быть полезна для самых разных целей, включая аудит и реализацию репликации.

Изменения передаются в потоках, связываемых со слотами логической репликации.

Формат, в котором передаются изменения, определяет используемый модуль вывода. Пример модуля вывода включён в дистрибутив PostgreSQL. Также возможно разработать и другие модули, расширяющие выбор доступных форматов, не затрагивая код ядра самого сервера. Любой модуль вывода получает на вход отдельные строки, создаваемые командой `INSERT`, и новые версии строк, которые создаёт `UPDATE`. Доступность старых версий строк для `UPDATE` и `DELETE` зависит от выбора варианта идентификации реплики (см. описание `REPLICA IDENTITY`).

Изменения могут быть получены либо по протоколу потоковой репликации (см. Раздел 53.4 и Раздел 49.3), либо через функции, вызываемые в SQL (см. Раздел 49.4). Также возможно разработать дополнительные методы для обработки данных, поступающих через слот репликации, не модифицируя код ядра сервера (см. Раздел 49.7).

49.1. Примеры логического декодирования

Следующий пример демонстрирует управление логическим декодированием на уровне SQL.

Прежде чем вы сможете использовать логическое декодирование, вы должны установить в `wal_level` значение `logical`, а в `max_replication_slots` значение, не меньшее 1. После этого вы должны подключиться к целевой базе данных (в следующем примере, это `postgres`) как суперпользователь.

```
postgres=# -- Создать слот с именем 'regression_slot', использующий модуль вывода
'test_decoding'
postgres=# SELECT * FROM pg_create_logical_replication_slot('regression_slot',
'test_decoding');
   slot_name   |    lsn
-----+-----
 regression_slot | 0/16B1970
(1 row)

postgres=# SELECT slot_name, plugin, slot_type, database, active, restart_lsn,
confirmed_flush_lsn FROM pg_replication_slots;
   slot_name   | plugin   | slot_type | database | active | restart_lsn |
confirmed_flush_lsn
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
 regression_slot | test_decoding | logical   | postgres | f      | 0/16A4408   |
0/16A4440
(1 row)

postgres=# -- Пока никакие изменения не видны
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
   lsn | xid | data
-----+-----+-----
(0 rows)

postgres=# CREATE TABLE data(id serial primary key, data text);
CREATE TABLE

postgres=# -- DDL не реплицируется, поэтому видна только транзакция
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
```

```

lsn      |  xid  |      data
-----+-----+-----
0/BA2DA58 | 10297 | BEGIN 10297
0/BA5A5A0 | 10297 | COMMIT 10297
(2 rows)

```

```

postgres=# -- Когда изменения прочитаны, они считаются обработанными и уже не выдаются
postgres=# -- в последующем вызове:
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
lsn | xid | data
----+----+-----
(0 rows)

```

```

postgres=# BEGIN;
postgres=# INSERT INTO data(data) VALUES('1');
postgres=# INSERT INTO data(data) VALUES('2');
postgres=# COMMIT;

```

```

postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('regression_slot', NULL, NULL);
lsn      |  xid  |      data
-----+-----+-----
0/BA5A688 | 10298 | BEGIN 10298
0/BA5A6F0 | 10298 | table public.data: INSERT: id[integer]:1 data[text]:'1'
0/BA5A7F8 | 10298 | table public.data: INSERT: id[integer]:2 data[text]:'2'
0/BA5A8A8 | 10298 | COMMIT 10298
(4 rows)

```

```

postgres=# INSERT INTO data(data) VALUES('3');

```

```

postgres=# -- Также можно заглянуть вперёд в потоке изменений, не считывая эти
изменения
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL);
lsn      |  xid  |      data
-----+-----+-----
0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299
(3 rows)

```

```

postgres=# -- Следующий вызов pg_logical_slot_peek_changes() снова возвращает те же
изменения
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL);
lsn      |  xid  |      data
-----+-----+-----
0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299
(3 rows)

```

```

postgres=# -- Модуль вывода можно передать параметры, влияющие на форматирование
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_peek_changes('regression_slot', NULL, NULL,
'include-timestamp', 'on');
lsn      |  xid  |      data
-----+-----+-----
0/BA5A8E0 | 10299 | BEGIN 10299
0/BA5A8E0 | 10299 | table public.data: INSERT: id[integer]:3 data[text]:'3'
0/BA5A990 | 10299 | COMMIT 10299 (at 2017-05-10 12:07:21.272494-04)
(3 rows)

```

```
postgres=# -- Не забудьте удалить слот, который вам больше не нужен, чтобы он
postgres=# -- не потреблял ресурсы сервера:
postgres=# SELECT pg_drop_replication_slot('regression_slot');
pg_drop_replication_slot
-----
```

```
(1 row)
```

Следующий пример показывает, как можно управлять логическим декодированием средствами протокола потоковой репликации, используя программу `pg_recvlogical`, включённую в дистрибутив PostgreSQL. Для этого нужно, чтобы конфигурация аутентификации клиентов допускала подключения для репликации (см. Подраздел 26.2.5.1) и чтобы значение `max_wal_senders` было достаточно большим и позволило установить дополнительное подключение.

```
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --create-slot
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --start -f -
Control+Z
$ psql -d postgres -c "INSERT INTO data(data) VALUES('4');"
$ fg
BEGIN 693
table public.data: INSERT: id[integer]:4 data[text]:'4'
COMMIT 693
Control+C
$ pg_recvlogical -d postgres --slot=test --drop-slot
```

49.2. Концепции логического декодирования

49.2.1. Логическое декодирование

Логическое декодирование — это процедура извлечения всех постоянных изменений, происходящих в таблицах базы данных, в согласованном и понятном формате, который можно интерпретировать, не имея полного представления о внутреннем состоянии базы данных.

В PostgreSQL логическое декодирование реализуется путём перевода содержимого журнала предзаписи, описывающего изменения на уровне хранения, в специальную форму уровня приложения, например, в поток кортежей или операторов SQL.

49.2.2. Слоты репликации

В контексте логической репликации слот представляет поток изменений, которые могут быть воспроизведены клиентом в том порядке, в каком они происходили на исходном сервере. Через каждый слот передаётся последовательность изменений в одной базе данных.

Примечание

В PostgreSQL также есть слоты потоковой репликации (см. Подраздел 26.2.5), но они используются несколько по-другому.

Слоту репликации назначается идентификатор, уникальный для всех баз данных в кластере PostgreSQL. Слоты сохраняются независимо от подключений, использующих их, и защищены от сбоев сервера.

При обычных условиях через логический слот каждое изменение передаётся только один раз. Текущая позиция в каждом слоте сохраняется только в контрольной точке, так что в случае сбоя слот может вернуться к предыдущему LSN, вследствие чего последние изменения могут быть переданы повторно при перезапуске сервера. За исключение нежелательных эффектов от повторной обработки одного и того же сообщения отвечают клиенты логического декодирования. Клиенты

могут запоминать при декодировании, какой последний LSN они уже получали, и пропускать повторяющиеся данные или (при использовании протокола репликации) запрашивать, чтобы декодирование начиналось с этого LSN, а не с позиции, выбираемой сервером. Для этого разработан механизм отслеживания репликации, о котором можно узнать подробнее в описании источников репликации.

Для одной базы данных могут существовать несколько независимых слотов. Каждый слот имеет собственное состояние, что позволяет различным потребителям получать изменения с разных позиций в потоке изменений базы данных. Для большинства приложений каждому потребителю требуется отдельный слот.

Слот логической репликации ничего не знает о состоянии получателя(ей). Возможно даже иметь несколько различных потребителей одного слота в разные моменты времени; они просто будут получать изменения с момента, когда их перестал получать предыдущий потребитель. Но в любой определённый момент получать изменения может только один потребитель.

Внимание

Слоты репликации сохраняются при сбоях сервера и ничего не знают о состоянии их потребителя. Они не дают удалять требуемые ресурсы, даже когда не используются никаким подключением. На это уходит место в хранилище, так как ни сегменты WAL, ни требуемые строки из системных каталогов нельзя будет удалить в результате `VACUUM`, пока они нужны этому слоту репликации. В особых случаях это может привести к отключению базы для предотвращения заикливания идентификаторов транзакций (см. Подраздел 24.1.5). Поэтому, если слот больше не требуется, его следует ликвидировать.

49.2.3. Модули вывода

Модули вывода переводят данные из внутреннего представления в журнале предзаписи в формат, устраивающий потребителя слота репликации.

49.2.4. Экспортированные снимки

Когда новый слот репликации создаётся через интерфейс потоковой репликации, экспортируется снимок (см. `CREATE_REPLICATION_SLOT`), который будет показывать ровно то состояние базы данных, изменения после которого будут включаться в поток изменений. Используя его, можно создать новую реплику, воспользовавшись командой `SET TRANSACTION SNAPSHOT`, чтобы получить состояние базы в момент создания слота. После этого данную транзакцию можно использовать для выгрузки состояния базы на момент экспорта снимка, а затем изменять это состояние, применяя содержимое слота, так что никакие изменения не будут потеряны.

Создание снимка возможно не всегда. В частности, невозможно создать снимок при подключении к горячему резерву. Приложения, которым не требуется экспорт снимка, могут подавить его, воспользовавшись указанием `NOEXPORT_SNAPSHOT`.

49.3. Интерфейс протокола потоковой репликации

Команды

- `CREATE_REPLICATION_SLOT имя_слота LOGICAL модуль_вывода`
- `DROP_REPLICATION_SLOT имя_слота [ WAIT ]`
- `START_REPLICATION SLOT имя_слота LOGICAL ...`

применяются для создания, удаления и передачи изменений из слота репликации, соответственно. Эти команды доступны только для соединения репликации; их нельзя использовать в обычном SQL. Подробнее они описаны в Разделе 53.4.

Для управления логическим декодированием по соединению потоковой репликации можно применять программу `pg_recvlogical`. (Внутри неё используются эти команды.)

49.4. Интерфейс логического декодирования на уровне SQL

Подробнее API уровня SQL для взаимодействия с механизмом логическим декодированием описан в Подразделе 9.26.6.

Синхронная репликация (см. Подраздел 26.2.8) поддерживается только для слотов репликации, которые используются через интерфейс потоковой репликации. Интерфейс функций и дополнительные, не системные интерфейсы не поддерживают синхронную репликацию.

49.5. Системные каталоги, связанные с логическим декодированием

Информацию о текущем состоянии слотов репликации и соединений потоковой репликации отображают представления `pg_replication_slots` и `pg_stat_replication`, соответственно. Эти представления относятся и к физической, и к логической репликации.

49.6. Модули вывода логического декодирования

Пример модуля вывода можно найти в подкаталоге `contrib/test_decoding` в дереве исходного кода PostgreSQL.

49.6.1. Функция инициализации

Модуль вывода загружается в результате динамической загрузки разделяемой библиотеки (при этом в качестве имени библиотеки задаётся имя модуля). Для нахождения библиотеки применяется обычный путь поиска библиотек. В этой библиотеке должна быть функция `_PG_output_plugin_init`, которая показывает, что библиотека на самом деле представляет собой модуль вывода, и устанавливает требуемые обработчики модуля вывода. Этой функции передаётся структура, в которой должны быть заполнены указатели на функции-обработчики отдельных действий.

```
typedef struct OutputPluginCallbacks
{
    LogicalDecodeStartupCB startup_cb;
    LogicalDecodeBeginCB begin_cb;
    LogicalDecodeChangeCB change_cb;
    LogicalDecodeTruncateCB truncate_cb;
    LogicalDecodeCommitCB commit_cb;
    LogicalDecodeMessageCB message_cb;
    LogicalDecodeFilterByOriginCB filter_by_origin_cb;
    LogicalDecodeShutdownCB shutdown_cb;
} OutputPluginCallbacks;
```

```
typedef void (*LogicalOutputPluginInit) (struct OutputPluginCallbacks *cb);
```

Обработчики `begin_cb`, `change_cb` и `commit_cb` должны устанавливаться обязательно, а `startup_cb`, `filter_by_origin_cb`, `truncate_cb` и `shutdown_cb` могут отсутствовать. Если `truncate_cb` не установлен, но потребуется декодировать операцию `TRUNCATE`, она будет проигнорирована.

49.6.2. Возможности

Для декодирования, форматирования и вывода изменений модули вывода могут использовать практически всю обычную инфраструктуру сервера, включая вызов функций вывода типов. К отношениям разрешается доступ только на чтение, если только эти отношения были созданы про-

граммой `initdb` в схеме `pg_catalog`, либо помечены как пользовательские таблицы каталогов командами

```
ALTER TABLE user_catalog_table SET (user_catalog_table = true);
CREATE TABLE another_catalog_table(data text) WITH (user_catalog_table = true);
```

Любые действия, которые требуют присвоения идентификатора транзакции, запрещаются. В частности, к этим действиям относятся операции записи в таблицы, изменения DDL и вызов `txid_current()`.

49.6.3. Режимы вывода

Обработчики в модуле вывода могут передавать данные потребителю в практически любых форматах. Для некоторых вариантов использования, например, просмотра изменений через SQL, вывод информации в типах, которые могут содержать произвольные данные (например, `bytea`), может быть неудобоваримым. Если модуль вывода выводит только текстовые данные в кодировке сервера, он может объявить это, установив в `OutputPluginOptions.output_type` значение `OUTPUT_PLUGIN_TEXTUAL_OUTPUT` вместо `OUTPUT_PLUGIN_BINARY_OUTPUT` в обработчике запуска. В этом случае все данные должны быть в кодировке сервера, чтобы их можно было передать в значении типа `text`. Это контролируется в сборках с включёнными проверочными утверждениями.

49.6.4. Обработчики в модуле вывода

Модуль вывода уведомляется о происходящих изменениях через различные обработчики, которые он должен установить.

Параллельные транзакции декодируются в порядке фиксирования, при этом только изменения, относящиеся к определённой транзакции, декодируются между вызовами обработчиков `begin` и `commit`. Транзакции, отменённые явно или неявно, никогда не декодируются. Успешные точки сохранения заворачиваются в транзакцию, содержащую их, в том порядке, в каком они выполнялись в этой транзакции.

Примечание

Декодироваться будут только те транзакции, которые уже успешно сброшены на диск. Вследствие этого, `COMMIT` может не декодироваться в следующем сразу за ним вызове `pg_logical_slot_get_changes()`, когда `synchronous_commit` имеет значение `off`.

49.6.4.1. Обработчик запуска

Необязательный обработчик `startup_cb` вызывается, когда слот репликации создаётся или через него запрашивается передача изменений, независимо от того, в каком количестве изменения готовы к передаче.

```
typedef void (*LogicalDecodeStartupCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                       OutputPluginOptions *options,
                                       bool is_init);
```

Параметр `is_init` будет равен `true`, когда слот репликации создаётся, и `false` в противном случае. Параметр `options` указывает на структуру параметров, которые могут устанавливать модули вывода:

```
typedef struct OutputPluginOptions
{
    OutputPluginOutputType output_type;
    bool receive_rewrites;
} OutputPluginOptions;
```

В поле `output_type` должно быть значение `OUTPUT_PLUGIN_TEXTUAL_OUTPUT` или `OUTPUT_PLUGIN_BINARY_OUTPUT`. См. также Подраздел 49.6.3. Если поле `receive_rewrites` равно

true, модуль вывода также будет вызываться для изменений, связанных с перезаписью кучи при определённых операциях DDL. Эти изменения представляют интерес для модулей, осуществляющих репликацию DDL, но для их обработки может потребоваться особый подход.

Обработчик запуска должен проверить параметры, представленные в `ctx->output_plugin_options`. Если модулю вывода требуется поддерживать состояние, он может сохранить его в `ctx->output_plugin_private`.

49.6.4.2. Обработчик выключения

Необязательный обработчик `shutdown_cb` вызывается, когда ранее активный слот репликации перестаёт использоваться, так что ресурсы, занятые модулем вывода, можно освободить. При этом слот не обязательно удаляется, прекращается только потоковая передача через него.

```
typedef void (*LogicalDecodeShutdownCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx);
```

49.6.4.3. Обработчик начала транзакции

Обязательный обработчик `begin_cb` вызывается, когда декодируется начало зафиксированной транзакции. Прерванные транзакции и их содержимое никогда не декодируется.

```
typedef void (*LogicalDecodeBeginCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                      ReorderBufferTXN *txn);
```

Параметр `txn` содержит метаинформацию о транзакции, в частности её идентификатор и время её фиксирования.

49.6.4.4. Обработчик завершения транзакции

Обязательный обработчик `commit_cb` вызывается, когда декодируется фиксирование транзакции. Перед этим обработчиком будет вызываться обработчик `change_cb` для всех изменённых строк (если строки были изменены).

```
typedef void (*LogicalDecodeCommitCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                       ReorderBufferTXN *txn,
                                       XLogRecPtr commit_lsn);
```

49.6.4.5. Обработчик изменения

Обязательный обработчик `change_cb` вызывается для каждого отдельного изменения строки в транзакции, производимого командами INSERT, UPDATE или DELETE. Даже если команда изменила несколько строк сразу, этот обработчик будет вызываться для каждой отдельной строки.

```
typedef void (*LogicalDecodeChangeCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                       ReorderBufferTXN *txn,
                                       Relation relation,
                                       ReorderBufferChange *change);
```

Параметры `ctx` и `txn` имеют то же содержимое, что и для обработчиков `begin_cb` и `commit_cb`; дополнительный дескриптор отношения `relation` указывает на отношение, к которому принадлежит строка, а структура `change` описывает передаваемое изменение строки.

Примечание

В процессе логического декодирования могут быть обработаны изменения только в таблицах, не являющихся нежурналируемыми (см. описание UNLOGGED) или временными (см. описание TEMPORARY или TEMP).

49.6.4.6. Обработчик опустошения

Обработчик `truncate_cb` вызывается для команды TRUNCATE.

```
typedef void (*LogicalDecodeTruncateCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                         ReorderBufferTXN *txn,
                                         int nrelations,
                                         Relation relations[],
                                         ReorderBufferChange *change);
```

Он получает те же параметры, что и `change_cb`. Но так как операции `TRUNCATE` в таблицах, связанных внешними ключами, должны выполняться одновременно, данный обработчик получает на вход не одно отношение, а массив отношений. За подробностями обратитесь к описанию оператора `TRUNCATE`.

49.6.4.7. Обработчик фильтрации источника

Необязательный обработчик `filter_by_origin_cb` вызывается, чтобы отметить, интересуют ли модуль вывода изменения, воспроизводимые из указанного источника (`origin_id`).

```
typedef bool (*LogicalDecodeFilterByOriginCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                              RepOriginId origin_id);
```

В параметре `ctx` передаётся та же информация, что и для других обработчиков. Чтобы отметить, что изменения, поступающие из переданного узла, не представляют интереса, модуль должен вернуть `true`, вследствие чего эти изменения будут фильтроваться; в противном случае он должен вернуть `false`. Другие обработчики для фильтруемых транзакций и изменений вызываться не будут.

Это полезно при реализации каскадной или разнонаправленной репликации. Фильтрация по источнику в таких конфигурациях позволяет предотвратить передачу взад-вперёд одних и тех же изменений. Хотя информацию об источнике можно также извлечь из транзакций и изменений, фильтрация с помощью этого обработчика гораздо более эффективна.

49.6.4.8. Обработчик произвольных сообщений

Необязательный обработчик `message_cb` вызывается при получении сообщения логического декодирования.

```
typedef void (*LogicalDecodeMessageCB) (struct LogicalDecodingContext *ctx,
                                         ReorderBufferTXN *txn,
                                         XLogRecPtr message_lsn,
                                         bool transactional,
                                         const char *prefix,
                                         Size message_size,
                                         const char *message);
```

Параметр `txn` содержит метаинформацию о транзакции, включая время её фиксации и её `XID`. Обратите внимание, однако, что в нём может передаваться `NULL`, когда сообщение нетранзакционное и транзакции, в которой было выдано сообщение, ещё не назначен `XID`. В параметре `lsn` отмечается позиция сообщения в WAL. Параметр `transactional` показывает, было ли сообщение передано как транзакционное. В параметре `prefix` передаётся некоторый префикс (завершающийся нулём), по которому текущий модуль может выделять интересующие его сообщения. И наконец, параметр `message` содержит само сообщение размером `message_size` байт.

Необходимо дополнительно позаботиться о том, чтобы префикс, определяющий интересующие модуль вывода сообщения, был уникальным. Удачным выбором обычно будет имя расширения или самого модуля вывода.

49.6.5. Функции для формирования вывода

Чтобы действительно вывести данные, модули вывода могут записывать их в буфер `StringInfo` через `ctx->out`, внутри обработчиков `begin_cb`, `commit_cb` или `change_cb`. Прежде чем записывать данные в этот буфер, необходимо вызвать `OutputPluginPrepareWrite(ctx, last_write)`, а завершив запись в буфер, нужно вызвать `OutputPluginWrite(ctx, last_write)`, чтобы собственно произвести запись. Параметр `last_write` указывает, была ли эта определённая операция записи последней в данном обработчике.

Следующий пример показывает, как вывести данные для потребителя модуля вывода:

```
OutputPluginPrepareWrite(ctx, true);
appendStringInfo(ctx->out, "BEGIN %u", txn->xid);
OutputPluginWrite(ctx, true);
```

49.7. Запись вывода логического декодирования

Архитектура сервера позволяет добавлять другие методы вывода для логического декодирования. За подробностями обратитесь к коду `src/backend/replication/logical/logicalfuncs.c`. По сути, необходимо реализовать три функции: одну для чтения WAL, другую для подготовки к записи, и третью для записи вывода (см. Подраздел 49.6.5).

49.8. Поддержка синхронной репликации для логического декодирования

Логическое декодирование может использоваться для реализации синхронной репликации с тем же внешним интерфейсом, что и синхронная репликация поверх потоковой репликации. Для этого потоковая передача данных должна происходить через интерфейс потоковой репликации (см. Раздел 49.3). Клиенты такой репликации должны посылать сообщения Обновление состояния резервного сервера (F) (см. Раздел 53.4), как и клиенты потоковой репликации.

Примечание

Синхронная реплика, получающая изменения через логическое декодирование, будет работать в рамках одной базы данных. Так как *synchronous_standby_names* в настоящее время, напротив, устанавливается на уровне сервера, это означает, что этот подход не будет работать корректно при использовании нескольких баз данных.

Глава 50. Отслеживание прогресса репликации

Инфраструктура источников репликации введена для упрощения реализации решений логической репликации на основе логического декодирования. Она помогает решить две распространённых проблемы:

- Как надёжно отслеживать прогресс репликации
- Как менять поведение репликации в зависимости от источника строки; например, для предотвращения циклов при двунаправленной репликации

Источники репликации имеют только два свойства: имя и OID. Имя, по которому к источнику следует обращаться из разных систем, задаётся значением типа `text` в произвольной форме. Его следует выбирать так, чтобы конфликты между источниками репликации, созданными различными средствами репликации были маловероятны; например, добавлять в начало обозначение средства репликации. OID используется только для того, чтобы не приходилось хранить длинное имя там, где требуется минимизировать объём. Он не может разделяться между разными системами.

Источник репликации можно создать функцией `pg_replication_origin_create()`; удалить функцией `pg_replication_origin_drop()`; и увидеть в системном каталоге `pg_replication_origin`.

Одной из нетривиальных задач при организации репликации является надёжное отслеживание прогресса воспроизведения. Например, когда применяющий изменения процесс (или весь кластер) умирает, нужно иметь возможность понять, какие данные были переданы успешно. Наивные решения этой проблемы, такие как изменение строки в некоторой таблице для каждой воспроизведённой транзакции, чреваты дополнительной нагрузкой во время выполнения и замусориванием базы данных.

С использованием инфраструктуры источников репликации сеанс может быть помечен как воспроизводящий изменения с удалённого узла (с помощью функции `pg_replication_origin_session_setup()`). В дополнение к этому для каждой транзакции из источника можно задать LSN и время фиксации, вызвав `pg_replication_origin_xact_setup()`. Если сделать всё это, прогресс репликации можно будет отслеживать надёжным образом. Прогресс воспроизведения для всех источников репликации можно увидеть в представлении `pg_replication_origin_status`. Прогресс отдельного источника, например, при возобновлении репликации, можно получить для любого источника, воспользовавшись функцией `pg_replication_origin_progress()`, или для источника, настроенного в текущем сеансе, с помощью `pg_replication_origin_session_progress()`.

В топологиях репликации более сложных, чем простая репликация с одной системы в другую, возможна ещё одна проблема — повторная репликация уже воспроизведённых строк, что может приводить к заикливанию и снижению эффективности. В качестве механизма выявления и предотвращения повторной репликации так же могут оказаться полезны источники репликации. Если воспользоваться функциями, упомянутыми в предыдущем абзаце, во все поступающие в сеансе транзакции и изменения, передаваемые обработчикам модулей вывода (см. Раздел 49.6), добавляется пометка источника репликации для текущего сеанса. Это позволяет обрабатывать их в модуле вывода по-разному, например, игнорировать все строки, кроме имеющих локальное происхождение. Кроме того, обработчик вызова `filter_by_origin_cb` позволяет отфильтровать поток изменений логического декодирования в зависимости от источника. Фильтрация через этот обработчик не так гибка, как проверка записей внутри модуля вывода, но зато гораздо эффективнее.

Часть VI. Справочное руководство

Статьи этого справочного руководства составлены так, чтобы дать в разумном объёме авторитетную, полную и формальную сводку по соответствующим темам. Дополнительные сведения об использовании PostgreSQL в повествовательной, ознакомительной или показательной форме можно найти в других частях этой книги. Ссылки на них можно найти на страницах этого руководства.

Все эти справочные статьи также публикуются в виде традиционных страниц «man».

Команды SQL

Эта часть документации содержит справочную информацию по командам SQL, поддерживаемым PostgreSQL. Под «SQL» здесь понимается язык вообще; сведения о соответствии стандартам и совместимости всех команд приведены на соответствующих страниц справочника.

ABORT

ABORT — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
ABORT [ WORK | TRANSACTION ]
```

Описание

ABORT откатывает текущую транзакцию и приводит к отмене всех изменений, внесённых транзакцией. Эта команда ведёт себя так же, как и стандартная SQL-команда ROLLBACK, и существует только по историческим причинам.

Параметры

WORK
TRANSACTION

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

Замечания

Чтобы завершить и зафиксировать транзакцию, используйте COMMIT.

При выполнении команды ABORT вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

Примеры

Чтобы прервать все операции:

```
ABORT;
```

Совместимость

Эта команда является расширением PostgreSQL и существует по историческим причинам. Ей равнозначна стандартная SQL-команда ROLLBACK.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK

ALTER AGGREGATE

ALTER AGGREGATE — изменить определение агрегатной функции

Синтаксис

```
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции ) RENAME TO новое_имя
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции )
                     OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER AGGREGATE имя ( сигнатура_агр_функции ) SET SCHEMA новая_схема
```

Здесь *сигнатура_агр_функции*:

```
* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

ALTER AGGREGATE изменяет определение агрегатной функции.

Выполнить ALTER AGGREGATE может только владелец соответствующей агрегатной функции. Чтобы сменить схему агрегатной функции, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме агрегатной функции. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать агрегатную функцию. Однако суперпользователь может сменить владельца агрегатной функции в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: IN или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле ALTER AGGREGATE не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации агрегатной функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип входных данных, с которыми работает агрегатная функция. Чтобы сослаться на агрегатную функцию без аргументов, укажите вместо списка аргументов *, а чтобы сослаться на сортирующую агрегатную функцию, добавьте ORDER BY между указаниями непосредственных и агрегируемых аргументов.

новое_имя

Новое имя агрегатной функции.

новый_владелец

Новый владелец агрегатной функции.

Новая_схема

Новая схема агрегатной функции.

Замечания

Если вы хотите сослаться на сортирующую агрегатную функцию, рекомендуется добавить `ORDER BY` между непосредственными и агрегируемыми аргументами так же, как и в `CREATE AGGREGATE`. Однако, команда сработает и без `ORDER BY`, если непосредственные и агрегирующие аргументы перечислены подряд в одном списке. В такой сокращённой форме, если и в списке непосредственных, и в списке агрегирующих аргументов содержится `VARIADIC "any"`, достаточно написать `VARIADIC "any"` только один раз.

Примеры

Переименование агрегатной функции `myavg` для типа `integer` в `my_average`:

```
ALTER AGGREGATE myavg(integer) RENAME TO my_average;
```

Смена владельца агрегатной функции `myavg` для типа `integer` на `joe`:

```
ALTER AGGREGATE myavg(integer) OWNER TO joe;
```

Перемещение сортирующей агрегатной функции `mypercentile` с непосредственным аргументом типа `float8` и агрегируемым аргументом типа `integer` в схему `myschema`:

```
ALTER AGGREGATE mypercentile(float8 ORDER BY integer) SET SCHEMA myschema;
```

Это тоже будет работать:

```
ALTER AGGREGATE mypercentile(float8, integer) SET SCHEMA myschema;
```

Совместимость

Оператор `ALTER AGGREGATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CREATE AGGREGATE`, `DROP AGGREGATE`

ALTER COLLATION

ALTER COLLATION — изменить определение правила сортировки

Синтаксис

```
ALTER COLLATION имя REFRESH VERSION
```

```
ALTER COLLATION имя RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER COLLATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

```
ALTER COLLATION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER COLLATION изменяет определение правила сортировки.

Выполнить ALTER COLLATION может только владелец соответствующего правила сортировки. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме правила сортировки. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать правило сортировки. Однако суперпользователь может сменить владельца правила сортировки в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего правила сортировки (возможно, дополненное схемой).

новое_имя

Новое имя правила сортировки.

новый_владелец

Новый владелец правила сортировки.

новая_схема

Новая схема правила сортировки.

REFRESH VERSION

Обновить версию правила сортировки. За подробностями обратитесь к Разделу «Замечания».

Замечания

Когда применяются правила сортировки, предоставляемые библиотекой ICU, внутренняя версия сортировщика ICU записывается в системный каталог при создании объекта для данного правила. Когда такое правило используется, текущая версия сверяется с записанной и в случае несовпадения выдаётся предупреждение, например такое:

```
WARNING: collation "xx-x-icu" has version mismatch
```

```
DETAIL: The collation in the database was created using version 1.2.3.4, but the  
operating system provides version 2.3.4.5.
```

```
HINT: Rebuild all objects affected by this collation and run ALTER COLLATION  
pg_catalog."xx-x-icu" REFRESH VERSION, or build PostgreSQL with the right library  
version.
```

Изменения в определениях правил сортировки могут приводить к разрушению индексов и другим проблемам, так как СУБД рассчитывает на то, что хранимые объекты отсортированы в опре-

делённом порядке. Вообще этого следует избегать, но это может иметь место в совершенно легальных обстоятельствах, например при обновлении с помощью `pg_upgrade` исполняемых файлов сервера, скомпонованных с более новой версией ICU. Когда возникает такая ситуация, все объекты, зависящие от данного правила сортировки, должны быть перестроены, например, командой `REINDEX`. После этой операции можно обновить версию правила сортировки, выполнив команду `ALTER COLLATION ... REFRESH VERSION`. При этом системный каталог будет обновлён, в него будет записана текущая версия сортировщика, и предупреждение уйдёт. Заметьте, что эта команда собственно не проверяет, были ли все зависимые объекты перестроены корректно.

Следующий запрос позволяет выбрать все правила сортировки в текущей базе данных, которые требуют обновления, и зависящие от них объекты:

```
SELECT pg_describe_object(refclassid, refobjid, refobjsubid) AS "Collation",
       pg_describe_object(classid, objid, objsubid) AS "Object"
FROM pg_depend d JOIN pg_collation c
     ON refclassid = 'pg_collation'::regclass AND refobjid = c.oid
WHERE c.collversion <> pg_collation_actual_version(c.oid)
ORDER BY 1, 2;
```

Примеры

Переименование правила сортировки `de_DE` в `german`:

```
ALTER COLLATION "de_DE" RENAME TO german;
```

Изменение владельца правила сортировки `en_US` на `joe`:

```
ALTER COLLATION "en_US" OWNER TO joe;
```

Совместимость

Оператор `ALTER COLLATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CREATE COLLATION`, `DROP COLLATION`

ALTER CONVERSION

ALTER CONVERSION — изменить определение перекодировки

Синтаксис

```
ALTER CONVERSION имя RENAME TO новое_имя  
ALTER CONVERSION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }  
ALTER CONVERSION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER CONVERSION изменяет определение перекодировки.

Выполнить ALTER CONVERSION может только владелец соответствующей перекодировки. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме перекодировки. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать перекодировку. Однако суперпользователь может сменить владельца перекодировки в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей перекодировки (возможно, дополненное схемой).

новое_имя

Новое имя перекодировки.

новый_владелец

Новый владелец перекодировки.

новая_схема

Новая схема перекодировки.

Примеры

Переименование перекодировки `iso_8859_1_to_utf8` в `latin1_to_unicode`:

```
ALTER CONVERSION iso_8859_1_to_utf8 RENAME TO latin1_to_unicode;
```

Смена владельца перекодировки `iso_8859_1_to_utf8` на `joe`:

```
ALTER CONVERSION iso_8859_1_to_utf8 OWNER TO joe;
```

Совместимость

Оператор ALTER CONVERSION отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE CONVERSION, DROP CONVERSION

ALTER DATABASE

ALTER DATABASE — изменить атрибуты базы данных

Синтаксис

```
ALTER DATABASE имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]
```

Здесь *параметр*:

```
ALLOW_CONNECTIONS разр_подключения  
CONNECTION LIMIT предел_подключений  
IS_TEMPLATE это_шаблон
```

```
ALTER DATABASE имя RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER DATABASE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

```
ALTER DATABASE имя SET TABLESPACE новое_табл_пространство
```

```
ALTER DATABASE имя SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
```

```
ALTER DATABASE имя SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
```

```
ALTER DATABASE имя RESET параметр_конфигурации
```

```
ALTER DATABASE имя RESET ALL
```

Описание

ALTER DATABASE изменяет атрибуты базы данных.

Первая форма оператора меняет параметры на уровне базы данных. (Подробнее описано ниже.) Изменять эти параметры может только владелец базы данных или суперпользователь.

Вторая форма меняет имя базы данных. Переименовать базу данных может только владелец БД или суперпользователь (не суперпользователю требуется также право CREATEDB). Переименовать текущую базу данных нельзя. (Если вам нужно сделать это, сначала подключитесь к другой базе.)

Третья форма меняет владельца базы данных. Чтобы сменить владельца базы, необходимо быть её владельцем и также непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и кроме того, иметь право CREATEDB. (Заметьте, что суперпользователи наделяются всеми этими правами автоматически.)

Четвёртая форма меняет табличное пространство по умолчанию для базы данных. Произвести это изменение может только её владелец или суперпользователь; кроме того, необходимо иметь право для создания нового табличного пространства. Эта команда физически переносит все таблицы или индексы из прежнего основного табличного пространства БД в новое. Новое табличное пространство должно быть пустым для этой базы данных и к ней никто не должен быть подключён. Таблицы и индексы, находящиеся не в основном табличном пространстве, при этом не затрагиваются.

Остальные формы меняют значение по умолчанию конфигурационных переменных времени выполнения для базы данных PostgreSQL. Когда устанавливается следующий сеанс работы с указанной базой данных, заданное этой командой значение становится значением по умолчанию. Значения переменных, заданные для базы данных, переопределяют значения, определённые в `postgresql.conf` или полученные через командную строку `postgres`. Менять сеансовые значения переменных для базы данных может только её владелец или суперпользователь. Некоторые параметры изменить таким образом нельзя, а некоторые может изменить только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя базы данных, атрибуты которой изменяются.

разр_подключения

Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных.

предел_подключений

Число разрешённых одновременно подключений к этой базе данных (-1 снимает ограничение).

это_шаблон

Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами CREATEDB; в противном случае, клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.

новое_имя

Новое имя базы данных.

новый_владелец

Новый владелец базы данных.

новое_табл_пространство

Новое основное табличное пространство базы данных.

Эту форму команды нельзя выполнять внутри блока транзакции.

параметр_конфигурации

значение

Устанавливает сеансовое значение по умолчанию для указанного параметра конфигурации. Если указывается *значение* DEFAULT или равнозначный вариант, RESET, определение параметра на уровне базы данных удаляется, так что в новых сеансах будет действовать значение по умолчанию, определённое на уровне системы. Для очистки всех значений параметров на уровне базы данных выполните RESET ALL. SET FROM CURRENT устанавливает значение параметра на уровне базы данных из текущего значения в активном сеансе.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

Замечания

Также возможно связать параметры сеанса не с базой данных, а с определённой ролью; см. ALTER ROLE. В случае конфликта параметры на уровне роли переопределяют параметры на уровне базы данных.

Примеры

Отключение сканирования индекса по умолчанию в базе данных test:

```
ALTER DATABASE test SET enable_indexscan TO off;
```

Совместимость

Оператор ALTER DATABASE является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DATABASE, DROP DATABASE, SET, CREATE TABLESPACE

ALTER DEFAULT PRIVILEGES

ALTER DEFAULT PRIVILEGES — определить права доступа по умолчанию

Синтаксис

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES
  [ FOR { ROLE | USER } целевая_роль [, ...] ]
  [ IN SCHEMA имя_схемы [, ...] ]
  предложение_GRANT_или_REVOKE
```

Где *предложение_GRANT_или_REVOKE* может быть следующим:

```
GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
  [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON TABLES
TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { { USAGE | SELECT | UPDATE }
  [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SEQUENCES
TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { FUNCTIONS | ROUTINES }
TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON TYPES
TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { USAGE | CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SCHEMAS
TO { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
  { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
  [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON TABLES
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
  { { USAGE | SELECT | UPDATE }
  [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SEQUENCES
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
  { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { FUNCTIONS | ROUTINES }
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
  { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
```

```
ON TYPES
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ USAGE | CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SCHEMAS
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

ALTER DEFAULT PRIVILEGES позволяет задавать права, применяемые к объектам, которые будут создаваться в будущем. (Эта команда не затрагивает права, назначенные уже существующим объектам.) В настоящее время можно задавать права только для схем, таблиц (включая представления и сторонние таблицы), последовательностей, функций и типов (включая домены). Применительно к данной команде функциями считаются также агрегатные функции и процедуры. Слова FUNCTIONS и ROUTINES для неё считаются равнозначными. (ROUTINES предпочтительнее в перспективе как стандартный термин, охватывающий и функции, и процедуры. В более ранних выпусках PostgreSQL допускалось только слово FUNCTIONS. Задать права по умолчанию для функций и процедур по отдельности нельзя.)

Вы можете изменить права по умолчанию только для объектов, которые будут созданы вами или ролями, членами которых вы являетесь. Права можно задать глобально (т. е. для всех объектов, создаваемых в текущей базе данных) или для определённых схем. Заданные на уровне схемы права по умолчанию добавляются к тем, что определены глобально для конкретного типа объекта.

Как объясняется в GRANT, права по умолчанию для объектов любого типа обычно дают все назначаемые разрешения владельцу объекта, а также могут давать некоторые разрешения роли PUBLIC. Однако это поведение можно поменять, изменив права по умолчанию командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES.

Параметры

целевая_роль

Имя существующей роли, членом которой является текущая. Если FOR ROLE опущено, подразумевается текущая роль.

имя_схемы

Имя существующей схемы. Если указано, права по умолчанию меняются для объектов, которые будут созданы в этой схеме. Если IN SCHEMA опущено, меняются глобальные права по умолчанию. Указание IN SCHEMA не допускается вместе с ON SCHEMAS, так как схемы не могут быть вложенными.

имя_роли

Имя существующей роли, для которой даются или отзываются права. Этот и все другие параметры в предложении *grant_или_revoke* действуют как описано в GRANT или REVOKE, за исключением того, что они распространяются не на один конкретный объект, а на целый класс объектов.

Замечания

Чтобы узнать текущие назначенные права по умолчанию, воспользуйтесь командой \ddp в psql. Интерпретация значений прав приведена в описании команды \dp в GRANT.

Если вы желаете удалить роль, права по умолчанию для которой были изменены, необходимо явно отменить изменения прав по умолчанию или воспользоваться командой DROP OWNED BY для избавления от назначенных для этой роли прав по умолчанию.

Примеры

Наделение всех правом `SELECT` для всех таблиц (и представлений), которые будут созданы в дальнейшем в схеме `myschema`, и наделение роли `webuser` правом `INSERT` для этих же таблиц:

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema GRANT SELECT ON TABLES TO PUBLIC;  
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema GRANT INSERT ON TABLES TO webuser;
```

Отмена предыдущих изменений с тем, чтобы для таблиц, создаваемых в будущем, были определены только обычные права, без дополнительных:

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema REVOKE SELECT ON TABLES FROM PUBLIC;  
ALTER DEFAULT PRIVILEGES IN SCHEMA myschema REVOKE INSERT ON TABLES FROM webuser;
```

Лишение роли `public` права на выполнение (`EXECUTE`), которое обычно даётся для функций (для всех функций, которые будут созданы ролью `admin`):

```
ALTER DEFAULT PRIVILEGES FOR ROLE admin REVOKE EXECUTE ON FUNCTIONS FROM PUBLIC;
```

Совместимость

Оператор `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`GRANT`, `REVOKE`

ALTER DOMAIN

ALTER DOMAIN — изменить определение домена

Синтаксис

```
ALTER DOMAIN имя
    { SET DEFAULT выражение | DROP DEFAULT }
ALTER DOMAIN имя
    { SET | DROP } NOT NULL
ALTER DOMAIN имя
    ADD ограничение_домена [ NOT VALID ]
ALTER DOMAIN имя
    DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ] имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]
ALTER DOMAIN имя
    RENAME CONSTRAINT имя_ограничения TO имя_нового_ограничения
ALTER DOMAIN имя
    VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения
ALTER DOMAIN имя
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER DOMAIN имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER DOMAIN имя
    SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER DOMAIN изменяет определение существующего домена. Эта команда имеет несколько разновидностей:

SET/DROP DEFAULT

Эти формы задают/убирают значение по умолчанию для домена. Заметьте, что эти значения по умолчанию применяются только при последующих командах INSERT; они не меняются в строках с данным доменом, уже добавленных в таблицу.

SET/DROP NOT NULL

Эти формы определяют, будет ли домен принимать значения NULL или нет. SET NOT NULL можно выполнить, только если столбцы с этим доменом ещё не содержат значений NULL.

ADD *ограничение_домена* [NOT VALID]

Эта форма добавляет новое ограничение для домена с тем же синтаксисом, что описан в CREATE DOMAIN. Когда добавляется новое ограничение домена, все столбцы с этим доменом будут проверены на соответствие этому ограничению. Эти проверки можно подавить, добавив указание NOT VALID, а затем активировать позднее с помощью команды ALTER DOMAIN ... VALIDATE CONSTRAINT. Вновь вставленные или изменённые строки всегда проверяются по всем ограничениям, даже тем, что отмечены как NOT VALID. Указание NOT VALID допускается только для ограничений CHECK.

DROP CONSTRAINT [IF EXISTS]

Эта форма убирает ограничения домена. Если указано IF EXISTS и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

RENAME CONSTRAINT

Эта форма меняет название ограничения домена.

VALIDATE CONSTRAINT

Эта форма включает проверку ограничения, ранее добавленного как `NOT VALID`, то есть, проверяет все данные в столбцах с этим доменом на соответствие этому ограничению.

OWNER

Эта форма меняет владельца домена на заданного пользователя.

RENAME

Эта форма меняет название домена.

SET SCHEMA

Эта форма меняет схему домена. Все ограничения, связанные с данным доменом, так же переносятся в новую схему.

Выполнить `ALTER DOMAIN` может только владелец соответствующего домена. Чтобы сменить схему домена, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме домена. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать домен. Однако суперпользователь может сменить владельца домена в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего домена (возможно, дополненное схемой), подлежащего изменению.

ограничение_домена

Новое ограничение домена.

имя_ограничения

Имя существующего ограничения, подлежащего удалению или переименованию.

NOT VALID

Не проверять существующие данные в столбцах на соответствие ограничению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного ограничения, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении ограничения, если существуют зависящие от него объекты. Это поведение по умолчанию.

новое_имя

Новое имя домена.

имя_нового_ограничения

Новое имя ограничения.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем домена.

новая_схема

Новая схема домена.

Замечания

В настоящее время команды `ALTER DOMAIN ADD CONSTRAINT`, `ALTER DOMAIN VALIDATE CONSTRAINT` и `ALTER DOMAIN SET NOT NULL` выдают ошибку, если указанный домен или любой производный от него используется в столбце с типом-контейнером (это может быть составной, диапазонный тип или массив) в какой-либо таблице базы данных. В дальнейшем они будут доработаны, с тем чтобы новое ограничение проверялось и при такой вложенности.

Примеры

Добавление ограничения `NOT NULL` к домену:

```
ALTER DOMAIN zipcode SET NOT NULL;
```

Удаление ограничения `NOT NULL` из домена:

```
ALTER DOMAIN zipcode DROP NOT NULL;
```

Добавление ограничения-проверки к домену:

```
ALTER DOMAIN zipcode ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(VALUE) = 5);
```

Удаление ограничения-проверки из домена:

```
ALTER DOMAIN zipcode DROP CONSTRAINT zipchk;
```

Переименование ограничения-проверки в домене:

```
ALTER DOMAIN zipcode RENAME CONSTRAINT zipchk TO zip_check;
```

Перемещение домена в другую схему:

```
ALTER DOMAIN zipcode SET SCHEMA customers;
```

Совместимость

`ALTER DOMAIN` соответствует стандарту SQL, за исключением подвидов `OWNER`, `RENAME`, `SET SCHEMA` и `VALIDATE CONSTRAINT`, которые являются расширениями PostgreSQL. Предложение `NOT VALID` вариации `ADD CONSTRAINT` также является расширением PostgreSQL.

См. также

`CREATE DOMAIN`, `DROP DOMAIN`

ALTER EVENT TRIGGER

ALTER EVENT TRIGGER — изменить определение событийного триггера

Синтаксис

```
ALTER EVENT TRIGGER имя DISABLE
ALTER EVENT TRIGGER имя ENABLE [ REPLICATION | ALWAYS ]
ALTER EVENT TRIGGER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER EVENT TRIGGER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER EVENT TRIGGER изменяет свойства существующего событийного триггера.

Для изменения событийного триггера нужно быть суперпользователем.

Параметры

имя

Имя существующего триггера, подлежащего изменению.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем событийного триггера.

новое_имя

Новое имя событийного триггера.

DISABLE/ENABLE [REPLICATION | ALWAYS] TRIGGER

Эти формы настраивают срабатывание событийных триггеров. Отключённый триггер сохраняется в системе, но не выполняется, когда происходит его событие срабатывания. См. также `session_replication_role`.

Совместимость

Оператор ALTER EVENT TRIGGER отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE EVENT TRIGGER, DROP EVENT TRIGGER

ALTER EXTENSION

ALTER EXTENSION — изменить определение расширения

Синтаксис

```
ALTER EXTENSION имя UPDATE [ TO новая_версия ]  
ALTER EXTENSION имя SET SCHEMA новая_схема  
ALTER EXTENSION имя ADD элемент_объект  
ALTER EXTENSION имя DROP элемент_объект
```

Здесь *элемент_объект*:

```
ACCESS METHOD имя_объекта |  
AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |  
CAST ( исходный_тип AS целевой_тип ) |  
COLLATION имя_объекта |  
CONVERSION имя_объекта |  
DOMAIN имя_объекта |  
EVENT TRIGGER имя_объекта |  
FOREIGN DATA WRAPPER имя_объекта |  
FOREIGN TABLE имя_объекта |  
FUNCTION имя_функции [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента  
[ , ... ] ) ] |  
MATERIALIZED VIEW имя_объекта |  
OPERATOR имя_оператора ( тип_слева , тип_справа ) |  
OPERATOR CLASS имя_объекта USING метод_индекса |  
OPERATOR FAMILY имя_объекта USING метод_индекса |  
[ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |  
PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента  
[ , ... ] ) ] |  
ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента  
[ , ... ] ) ] |  
SCHEMA имя_объекта |  
SEQUENCE имя_объекта |  
SERVER имя_объекта |  
TABLE имя_объекта |  
TEXT SEARCH CONFIGURATION имя_объекта |  
TEXT SEARCH DICTIONARY имя_объекта |  
TEXT SEARCH PARSER имя_объекта |  
TEXT SEARCH TEMPLATE имя_объекта |  
TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка |  
TYPE имя_объекта |  
VIEW имя_объекта
```

и *сигнатура_агр_функции*:

```
* |  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |  
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

ALTER EXTENSION изменяет определение установленного расширения. Эта команда имеет несколько подвидов:

UPDATE

Эта форма обновляет версию расширения. Расширение должно предоставлять подходящий скрипт обновления (или набор скриптов), который может сменить текущую установленную версию на требуемую.

SET SCHEMA

Эта форма переносит объекты расширения в другую схему. Чтобы эта команда выполнялась успешно, расширение должно быть *перемещаемым*.

ADD элемент_объект

Эта форма добавляет существующий объект в расширение. В основном это применяется в скриптах обновления расширений. Добавленный объект затем будет считаться частью расширения, и удалить его можно будет, только удалив расширение.

DROP элемент_объект

Эта форма удаляет из расширения включённый в него объект. В основном это применяется в скриптах обновления расширений. Сам объект при этом не уничтожается, а только отделяется от расширения.

Подробнее эти операции описаны в Разделе 38.16.

Чтобы выполнить команду `ALTER EXTENSION`, необходимо быть владельцем данного расширения. Для форм `ADD/DROP` требуется также быть владельцем добавляемого/удаляемого объекта.

Параметры

имя

Имя установленного расширения.

новая_версия

Запрашиваемая новая версия расширения. Её можно записать в виде идентификатора или строкового значения. Если она не указана, `ALTER EXTENSION UPDATE` пытается выполнить обновление до версии, указанной в качестве версии по умолчанию в управляющем файле расширения.

новая_схема

Новая схема расширения.

имя_объекта**имя_агрегатной_функции****имя_функции****имя_оператора****имя_процедуры****имя_подпрограммы**

Имя объекта, добавляемого или удаляемого из расширения. Имена таблиц, агрегатных функций, доменов, сторонних таблиц, функций, операторов, классов операторов, семейств операторов, процедур, подпрограмм, последовательностей, объектов текстового поиска, типов и представлений можно дополнить именем схемы.

исходный_тип

Имя исходного типа данных для приведения.

целевой_тип

Имя целевого типа данных для приведения.

режим_аргумента

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Заметьте, что ALTER EXTENSION не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Заметьте, что на самом деле ALTER EXTENSION не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

*тип_слева**тип_справа*

Тип данных аргументов оператора (возможно, дополненный именем схемы). В случае отсутствия аргумента префиксного или постфиксного оператора укажите вместо типа NONE.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

Примеры

Обновление расширения hstore до версии 2.0:

```
ALTER EXTENSION hstore UPDATE TO '2.0';
```

Смена схемы расширения hstore на utils:

```
ALTER EXTENSION hstore SET SCHEMA utils;
```

Добавление существующей функции в расширение hstore:

```
ALTER EXTENSION hstore ADD FUNCTION populate_record(anelement, hstore);
```

Совместимость

Оператор ALTER EXTENSION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE EXTENSION, DROP EXTENSION

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER — изменить определение обёртки сторонних данных

Синтаксис

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя
    [ HANDLER функция_обработчик | NO HANDLER ]
    [ VALIDATOR функция_проверки | NO VALIDATOR ]
    [ OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] ) ]
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
SESSION_USER }
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER FOREIGN DATA WRAPPER изменяет определение обёртки сторонних данных. Первая форма команды меняет вспомогательные функции или общие параметры обёртки (требуется минимум одно предложение), а вторая — владельца обёртки.

Настраивать обёртки сторонних данных могут только суперпользователи и только суперпользователи могут быть их владельцами.

Параметры

имя

Имя существующей обёртки сторонних данных.

HANDLER *функция_обработчик*

Задаёт новое имя функции-обработчика для обёртки сторонних данных.

NO HANDLER

Эти ключевые слова указывают, что обёртка сторонних данных теперь не имеет функции-обработчика.

Заметьте, что обращаться к сторонним таблицам, если их обёртка сторонних данных не имеет обработчика, нельзя.

VALIDATOR *функция_проверки*

Задаёт новое имя функции проверки для обёртки сторонних данных.

Заметьте, что возможна ситуация, что предыдущие параметры обёртки данных, зависящих серверов, сопоставлений пользователей или сторонних таблиц окажутся неприемлемыми для новой функции проверки. PostgreSQL не проверяет их, поэтому пользователь сам должен убедиться в правильности этих параметров, прежде чем использовать изменённую обёртку данных. Однако параметры, изменяемые в данной команде ALTER FOREIGN DATA WRAPPER, будут проверены новой функцией проверки.

NO VALIDATOR

Эти ключевые слова указывают, что обёртка сторонних данных теперь не имеет функции проверки.

OPTIONS ([ADD | SET | DROP] *параметр* ['значение'] [, ...])

Эта форма настраивает параметры обёртки сторонних данных. ADD, SET и DROP определяют, какое действие будет выполнено (добавление, установка и удаление, соответственно). Если дей-

ствие не задано явно, подразумевается `ADD`. Имена параметров должны быть уникальными, они вместе со значениями проверяются функцией проверки, если она установлена.

НОВЫЙ_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем обёртки сторонних данных.

НОВОЕ_имя

Новое имя обёртки сторонних данных.

Примеры

Изменение параметров обёртки сторонних данных `dbi`: добавление параметра `foo`, удаление `bar`:

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER dbi OPTIONS (ADD foo '1', DROP 'bar');
```

Установление для обёртки сторонних данных `dbi` новой функции проверки `bob.myvalidator`:

```
ALTER FOREIGN DATA WRAPPER dbi VALIDATOR bob.myvalidator;
```

Совместимость

`ALTER FOREIGN DATA WRAPPER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), за исключением предложений `HANDLER`, `VALIDATOR`, `OWNER TO` и `RENAME`, являющихся расширениями.

См. также

`CREATE FOREIGN DATA WRAPPER`, `DROP FOREIGN DATA WRAPPER`

ALTER FOREIGN TABLE

ALTER FOREIGN TABLE — изменить определение сторонней таблицы

Синтаксис

```
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]  
    действие [, ... ]  
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]  
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца  
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя  
    RENAME TO новое_имя  
ALTER FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя  
    SET SCHEMA новая_схема
```

Где *действие* может быть следующим:

```
    ADD [ COLUMN ] имя_столбца тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ]  
[ ограничение_столбца [ ... ] ]  
    DROP [ COLUMN ] [ IF EXISTS ] имя_столбца [ RESTRICT | CASCADE ]  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца [ SET DATA ] TYPE тип_данных  
[ COLLATE правило_сортировки ]  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET | DROP } NOT NULL  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }  
    ALTER [ COLUMN ] имя_столбца OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение']  
[, ... ] )  
    ADD ограничение_таблицы [ NOT VALID ]  
    VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения  
    DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ] имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]  
    DISABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]  
    ENABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]  
    ENABLE REPLICA TRIGGER имя_триггера  
    ENABLE ALWAYS TRIGGER имя_триггера  
    SET WITH OIDS  
    SET WITHOUT OIDS  
    INHERIT таблица_родитель  
    NO INHERIT таблица_родитель  
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }  
    OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] )
```

Описание

ALTER FOREIGN TABLE меняет определение существующей сторонней таблицы. Эта команда имеет несколько разновидностей:

ADD COLUMN

Эта форма добавляет в стороннюю таблицу новый столбец, следуя тому же синтаксису, что и CREATE FOREIGN TABLE. В отличие от добавления столбца в обычную таблицу, при данной операции в базовом хранилище ничего не меняется; эта команда просто объявляет о доступности нового столбца через данную стороннюю таблицу.

DROP COLUMN [IF EXISTS]

Эта форма удаляет столбец из сторонней таблицы. Если что-либо зависит от этого столбца, например, представление, для успешного результата потребуется добавить CASCADE. Если указано IF EXISTS и этот столбец не существует, ошибка не происходит, вместо этого выдаётся замечание.

SET DATA TYPE

Эта форма меняет тип столбца сторонней таблицы. И это не влияет на нижележащее хранилище: данная операция просто меняет тип, который по мнению PostgreSQL будет иметь этот столбец.

SET/DROP DEFAULT

Эти формы задают или удаляют значение по умолчанию для столбцов. Значения по умолчанию применяются только при последующих командах INSERT или UPDATE; их изменения не отражаются в строках, уже существующих в таблице.

SET/DROP NOT NULL

Устанавливает, будет ли столбец принимать значения NULL или нет.

SET STATISTICS

Эта форма задаёт цель сбора статистики по столбцам для последующих операций ANALYZE. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

SET (*атрибут* = *значение* [, ...])

RESET (*атрибут* [, ...])

Эта форма задаёт или сбрасывает значения атрибутов. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

SET STORAGE

Эта форма задаёт режим хранения для столбца. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE. Заметьте, что режим хранения не имеет значения, если обёртка сторонних данных для этой таблицы будет игнорировать его.

ADD *ограничение_таблицы* [NOT VALID]

Эта форма добавляет новое ограничение в стороннюю таблицу с применением того же синтаксиса, что и CREATE FOREIGN TABLE. В настоящее время поддерживаются только ограничения CHECK.

В отличие от ограничения, добавляемого для обычной таблицы, ограничение сторонней таблицы фактически никак не проверяется; эта команда сводится просто к заявлению о том, что все строки в сторонней таблице предположительно удовлетворяют новому условию. (Подробнее это рассматривается в описании CREATE FOREIGN TABLE.) Если ограничение помечено как NOT VALID (непроверенное), сервер не будет полагать, что оно выполняется; такая запись делается только на случай использования в будущем.

VALIDATE CONSTRAINT

Эта форма отмечает ограничение, которая ранее было помечено NOT VALID, как проверенное. Собственно для проверки этого ограничения ничего не делается, но последующие запросы будут полагать, что оно действует.

DROP CONSTRAINT [IF EXISTS]

Эта форма удаляет указанное ограничение сторонней таблицы. Если указано IF EXISTS и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

DISABLE/ENABLE [REPLICA | ALWAYS] TRIGGER

Эти формы управляют триггерами, принадлежащими сторонней таблице. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

SET WITH OIDS

Эта форма добавляет в таблицу системный столбец `oid` (см. Раздел 5.4). Если в таблице уже есть такой столбец, она не делает ничего. Обёртка сторонних данных должна поддерживать OID, иначе из этого столбца будут читаться просто нулевые значения.

Заметьте, что это не равнозначно команде `ADD COLUMN oid oid` (эта команда добавит не системный, а обычный столбец с подходящим именем `oid`).

SET WITHOUT OIDS

Эта форма удаляет из таблицы системный столбец `oid`. Это в точности равнозначно `DROP COLUMN oid RESTRICT`, за исключением того, что в случае отсутствия столбца `oid` ошибки не будет.

INHERIT *таблица_родитель*

Эта форма делает целевую стороннюю таблицу потомком указанной родительской таблицы. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы ALTER TABLE.

NO INHERIT *таблица_родитель*

Эта форма удаляет целевую стороннюю таблицу из списка потомков указанной родительской таблицы.

OWNER

Эта форма меняет владельца сторонней таблицы на заданного пользователя.

OPTIONS ([ADD | SET | DROP] *параметр* ['значение'] [, ...])

Эта форма настраивает параметры сторонней таблицы или одного из её столбцов. ADD, SET и DROP определяют, какое действие будет выполнено (добавление, установка и удаление, соответственно). Если действие не задано явно, подразумевается ADD. Имена параметров не должны повторяться (хотя параметр таблицы и параметр столбца вполне могут иметь одно имя). Имена и значения параметров также проверяются библиотекой обёртки сторонних данных.

RENAME

Формы RENAME меняют имя сторонней таблицы или имя столбца в сторонней таблице.

SET SCHEMA

Эта форма переносит стороннюю таблицу в другую схему.

Все действия, кроме RENAME и SET SCHEMA, можно объединить в один список изменений и выполнить одновременно. Например, можно добавить несколько столбцов и/или изменить тип столбцов одной командой.

Если команда записана в виде ALTER FOREIGN TABLE IF EXISTS ... и сторонняя таблица не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

Выполнить ALTER FOREIGN TABLE может только владелец соответствующей таблицы. Чтобы сменить схему сторонней таблицы, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме таблицы. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать таблицу. Однако суперпользователь может сменить владельца таблицы в любом случае.) Чтобы добавить столбец или изменить тип столбца, ещё требуется иметь право USAGE для его типа данных.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей сторонней таблицы, подлежащей изменению. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, изменяется только заданная таблица. Без `ONLY` изменяется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что изменению подлежат все дочерние таблицы.

имя_столбца

Имя нового или существующего столбца.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

новое_имя

Новое имя таблицы.

тип_данных

Тип данных нового столбца или новый тип данных существующего столбца.

ограничение_таблицы

Новое ограничение уровня таблицы для сторонней таблицы.

имя_ограничения

Имя существующего ограничения, подлежащего удалению.

`CASCADE`

Автоматически удалять объекты, зависящие от удаляемого столбца или ограничения (например, представления, содержащие этот столбец), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

`RESTRICT`

Отказать в удалении столбца или ограничения, если существуют зависящие от них объекты. Это поведение по умолчанию.

имя_триггера

Имя включаемого или отключаемого триггера.

`ALL`

Отключает или включает все триггеры, принадлежащие сторонней таблице. (Если какие-либо из триггеров являются внутрисистемными, для этого требуются права суперпользователя. Сама система не добавляет такие триггеры в сторонние таблицы, но дополнительный код может сделать это.)

`USER`

Отключает или включает все триггеры, принадлежащие сторонней таблице, кроме сгенерированных внутрисистемных.

таблица_родитель

Родительская таблица, с которой будет установлена или разорвана связь данной сторонней таблицы.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем таблицы.

новая_схема

Имя схемы, в которую будет перемещена таблица.

Замечания

Ключевое слово `COLUMN` не несёт смысловой нагрузки и может быть опущено.

При добавлении или удалении столбцов (`ADD COLUMN/DROP COLUMN`), добавлении ограничений `NOT NULL` или `CHECK` или изменении типа данных (`SET DATA TYPE`) согласованность этих определений с внешним сервером не гарантируется. Ответственность за соответствие определений таблицы удалённой стороне лежит на пользователе.

За более полным описанием параметров обратитесь к `CREATE FOREIGN TABLE`.

Примеры

Установление ограничения `NOT NULL` для столбца:

```
ALTER FOREIGN TABLE distributors ALTER COLUMN street SET NOT NULL;
```

Изменение параметров сторонней таблицы:

```
ALTER FOREIGN TABLE myschema.distributors OPTIONS (ADD opt1 'value', SET opt2 'value2',  
DROP opt3 'value3');
```

Совместимость

Формы `ADD`, `DROP` и `SET DATA TYPE` соответствуют стандарту SQL. Другие формы являются собственными расширениями PostgreSQL. Кроме того, возможность указать в одной команде `ALTER FOREIGN TABLE` несколько операций так же является расширением.

`ALTER FOREIGN TABLE DROP COLUMN` позволяет удалить единственный столбец сторонней таблицы и оставить таблицу без столбцов. Это является расширением стандарта SQL, который не допускает существование сторонних таблиц с нулём столбцов.

См. также

`CREATE FOREIGN TABLE`, `DROP FOREIGN TABLE`

ALTER FUNCTION

ALTER FUNCTION — изменить определение функции

Синтаксис

```
ALTER FUNCTION имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER FUNCTION имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER FUNCTION имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER FUNCTION имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER FUNCTION имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ]
    DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
```

Где *действие* может быть следующим:

```
CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [ NOT ] LEAKPROOF
[ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
COST стоимость_выполнения
ROWS строк_в_результате
SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
RESET параметр_конфигурации
RESET ALL
```

Описание

ALTER FUNCTION изменяет определение функции.

Выполнить ALTER FUNCTION может только владелец соответствующей функции. Чтобы сменить схему функции, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме функции. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать функцию. Однако суперпользователь может сменить владельца функции в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей функции (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, это имя должно быть уникальным в схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Обратите внимание, что ALTER FUNCTION не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле `ALTER FUNCTION` не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов функции (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

новое_имя

Новое имя функции.

новый_владелец

Новый владелец функции. Заметьте, что если функция помечена как `SECURITY DEFINER`, в дальнейшем она будет выполняться от имени нового владельца.

новая_схема

Новая схема функции.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть функция.

`CALLED ON NULL INPUT`

`RETURNS NULL ON NULL INPUT`

`STRICT`

`CALLED ON NULL INPUT` меняет функцию так, чтобы она вызывалась, когда некоторые или все её аргументы равны `NULL`. `RETURNS NULL ON NULL INPUT` или `STRICT` меняет функцию так, чтобы она не вызывалась, когда некоторые или все её аргументы равны `NULL`, а вместо вызова автоматически выдавался результат `NULL`. За подробностями обратитесь к `CREATE FUNCTION`.

`IMMUTABLE`

`STABLE`

`VOLATILE`

Устанавливает заданный вариант изменчивости функции. Подробнее это описано в `CREATE FUNCTION`.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`

`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Устанавливает, является ли функция определяющей контекст безопасности. Ключевое слово `EXTERNAL` игнорируется для соответствия стандарту SQL. Подробнее это свойство описано в `CREATE FUNCTION`.

`PARALLEL`

Устанавливает, будет ли функция считаться безопасной для распараллеливания. Подробнее это описано в `CREATE FUNCTION`.

`LEAKPROOF`

Устанавливает, является ли функция герметичной. Подробнее это свойство описано в `CREATE FUNCTION`.

`COST стоимость_выполнения`

Изменяет ориентировочную стоимость выполнения функции. Подробнее это описывается в `CREATE FUNCTION`.

ROWS строк_в_результате

Изменяет ориентировочное число строк в результате функции, возвращающей множество. Подробнее это описывается в CREATE FUNCTION.

*параметр_конфигурации
значение*

Добавляет или изменяет установку параметра конфигурации, выполняемую при вызове функции. Если задано *значение* DEFAULT или, что равнозначно, выполняется действие RESET, локальное переопределение для функции удаляется и функция выполняется со значением, установленным в окружении. Для удаления всех установок параметров для данной функции укажите RESET ALL. SET FROM CURRENT устанавливает для последующих вызовов функции значение параметра, действующее в момент выполнения ALTER PROCEDURE.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

RESTRICT

Игнорируется для соответствия стандарту SQL.

Примеры

Переименование функции sqrt для типа integer в square_root:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) RENAME TO square_root;
```

Смена владельца функции sqrt для типа integer на joe:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) OWNER TO joe;
```

Смена схемы функции sqrt для типа integer на maths:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) SET SCHEMA maths;
```

Обозначение функции sqrt для типа integer как зависимой от расширения mathlib:

```
ALTER FUNCTION sqrt(integer) DEPENDS ON EXTENSION mathlib;
```

Изменение пути поиска, который устанавливается автоматически для функции:

```
ALTER FUNCTION check_password(text) SET search_path = admin, pg_temp;
```

Отмена автоматического определения search_path для функции:

```
ALTER FUNCTION check_password(text) RESET search_path;
```

Теперь функция будет выполняться с тем путём, который задан в момент вызова.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором ALTER FUNCTION в стандарте SQL. Стандарт позволяет менять больше свойств функции, но не позволяет переименовывать функции, переключать контекст безопасности, связывать с функциями значения параметров конфигурации, а также менять владельца, схему и тип изменчивости функции. Также в стандарте слово RESTRICT считается обязательным, тогда как в PostgreSQL оно не требуется.

См. также

CREATE FUNCTION, DROP FUNCTION, ALTER PROCEDURE, ALTER ROUTINE

ALTER GROUP

ALTER GROUP — изменить имя роли или членство

Синтаксис

```
ALTER GROUP указание_роли ADD USER имя_пользователя [, ... ]  
ALTER GROUP указание_роли DROP USER имя_пользователя [, ... ]
```

Здесь *указание_роли*:

```
имя_роли  
| CURRENT_USER  
| SESSION_USER
```

```
ALTER GROUP имя_группы RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER GROUP изменяет атрибуты группы пользователей. Эта команда считается устаревшей, хотя и поддерживается для обратной совместимости, так как группы (и пользователи) были заменены более общей концепцией ролей.

Первые две формы добавляют пользователей в группу или удаляют их из группы. (В данном случае в качестве «пользователя» или «группы» может фигурировать любая роль.) По сути они равнозначны командам разрешающим/запрещающим членство в роли «группа»; поэтому вместо них рекомендуется использовать GRANT и REVOKE.

Третья форма меняет имя группы. Она в точности равнозначна команде ALTER ROLE, выполняющей переименование роли.

Параметры

имя_группы

Имя изменяемой группы (роли).

имя_пользователя

Пользователи (роли), добавляемые или исключаемые из группы. Эти пользователи должны уже существовать; ALTER GROUP не создаёт и не удаляет пользователей.

новое_имя

Новое имя группы.

Примеры

Добавление пользователей в группу:

```
ALTER GROUP staff ADD USER karl, john;
```

Удаление пользователей из группы:

```
ALTER GROUP workers DROP USER beth;
```

Совместимость

Оператор ALTER GROUP отсутствует в стандарте SQL.

См. также

GRANT, REVOKE, ALTER ROLE

ALTER INDEX

ALTER INDEX — изменить определение индекса

Синтаксис

```
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя SET TABLESPACE табл_пространство
ALTER INDEX имя ATTACH PARTITION имя_индекса
ALTER INDEX имя DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя SET ( параметр_хранения = значение [, ... ] )
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
ALTER INDEX [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] номер_столбца
    SET STATISTICS целое
ALTER INDEX ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
```

Описание

ALTER INDEX меняет определение существующего индекса. Эта команда имеет несколько разновидностей:

RENAME

Форма RENAME меняет имя индекса. Если этот индекс связан с ограничением таблицы (UNIQUE, PRIMARY KEY или EXCLUDE), это ограничение тоже переименовывается. На сохранённые данные это не влияет.

SET TABLESPACE

Эта форма меняет табличное пространство индекса на заданное и переносит в него файл(ы) данных, связанные с индексом. Для изменения табличного пространства индекса нужно быть владельцем индекса и иметь право CREATE в новом табличном пространстве. Форма ALL IN TABLESPACE позволяет перенести из заданного пространства все индексы в текущей базе данных, блокируя их для перемещения и затем перемещая каждый индекс. Эта форма также поддерживает указание OWNED BY, с которым будут перемещены только индексы, принадлежащие заданным ролям. Если указан параметр NOWAIT, команда завершится ошибкой, если не сможет немедленно получить все требуемые блокировки. Обратите внимание, что эта команда не переместит системные каталоги; вместо неё следует использовать ALTER DATABASE или явные вызовы ALTER INDEX. См. также CREATE TABLESPACE.

ATTACH PARTITION

Эта форма присоединяет указанный индекс к изменяемому. Указанный индекс должен относиться к секции таблицы, содержащей изменяемый индекс, и иметь такое же определение. Присоединённый индекс не может быть удалён независимо, но будет удалён автоматически при удалении родительского индекса.

DEPENDS ON EXTENSION

Эта форма помечает индекс как зависимый от расширения, так что при удалении расширения будет автоматически удалён и индекс.

SET (*параметр_хранения* = *значение* [, ...])

Эта форма настраивает один или несколько специфичных для индекса параметров хранения. Список доступных параметров приведён в CREATE INDEX. Обратите внимание, что эта команда не меняет содержимое индекса немедленно; для получения желаемого эффекта в зависимости от параметров может потребоваться перестроить индекс командой REINDEX.

`RESET ( параметр_хранения [, ... ] )`

Эта форма сбрасывает один или несколько специфичных для индекса параметров хранения к значениям по умолчанию. Как и с `SET`, для полного обновления индекса может потребоваться выполнить `REINDEX`.

`ALTER [ COLUMN ] номер_столбца SET STATISTICS целое`

Эта форма задаёт ориентир сбора статистики по столбцу для последующих операций `ANALYZE`, хотя её можно использовать только для индексируемых столбцов, заданных в виде выражений. Так как у выражений нет уникальных имён, мы обращаемся к ним по порядковым номерам столбцов в индексе. Диапазон допустимых значений ориентира: 0..10000; при -1 применяется системное значение по умолчанию (`default_statistics_target`). За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если индекс не существует. В этом случае будет выдано замечание.

номер_столбца

Число, указывающее на номер столбца в индексе по порядку (слева направо).

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего индекса, подлежащего изменению.

новое_имя

Новое имя индекса.

табл_пространство

Табличное пространство, в которое будет перемещён индекс.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть индекс.

параметр_хранения

Имя специфичного для индекса параметра хранения.

значение

Новое значение специфичного для индекса параметра хранения. Это может быть число или строка, в зависимости от параметра.

Замечания

Эти операции также возможно выполнить с помощью `ALTER TABLE`. На самом деле `ALTER INDEX` — это просто синоним нескольких форм `ALTER TABLE`, работающих с индексами.

Ранее существовала форма `ALTER INDEX OWNER`, но сейчас она игнорируется (с предупреждением). Владелец индекса может быть только владелец соответствующей таблицы. При смене владельца таблицы владелец индекса меняется автоматически.

Какие-либо изменения индексов системного каталога не допускаются.

Примеры

Переименование существующего индекса:

```
ALTER INDEX distributors RENAME TO suppliers;
```

Перемещение индекса в другое табличное пространство:

```
ALTER INDEX distributors SET TABLESPACE fasttablespace;
```

Изменение фактора заполнения индекса (предполагается, что это поддерживает метод индекса):

```
ALTER INDEX distributors SET (fillfactor = 75);  
REINDEX INDEX distributors;
```

Устанавливает ориентир сбора статистики для индекса по выражению:

```
CREATE INDEX coord_idx ON measured (x, y, (z + t));  
ALTER INDEX coord_idx ALTER COLUMN 3 SET STATISTICS 1000;
```

Совместимость

ALTER INDEX является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE INDEX, REINDEX

ALTER LANGUAGE

ALTER LANGUAGE — изменить определение процедурного языка

Синтаксис

```
ALTER [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя RENAME TO новое_имя  
ALTER [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |  
SESSION_USER }
```

Описание

ALTER LANGUAGE изменяет определение процедурного языка. Единственное, что может это команда — переименовать язык или назначить нового владельца. Выполнить ALTER LANGUAGE может только суперпользователь или владелец языка.

Параметры

имя

Имя языка

новое_имя

Новое имя языка

новый_владелец

Новый владелец языка

Совместимость

Оператор ALTER LANGUAGE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE LANGUAGE, DROP LANGUAGE

ALTER LARGE OBJECT

ALTER LARGE OBJECT — изменить определение большого объекта

Синтаксис

```
ALTER LARGE OBJECT oid_большого_объекта OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |  
SESSION_USER }
```

Описание

ALTER LARGE OBJECT изменяет определение большого объекта. Единственное, что может сделать эта команда — назначить нового владельца. Выполнить ALTER LARGE OBJECT может только супер-пользователь или владелец большого объекта.

Параметры

oid_большого_объекта

OID изменяемого большого объекта

новый_владелец

Новый владелец большого объекта

Совместимость

Оператор ALTER LARGE OBJECT отсутствует в стандарте SQL.

См. также

Глава 35

ALTER MATERIALIZED VIEW

ALTER MATERIALIZED VIEW — изменить определение материализованного представления

Синтаксис

```
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    действие [, ... ]
ALTER MATERIALIZED VIEW имя
    DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER MATERIALIZED VIEW ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
```

Где действие может быть следующим:

```
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }
CLUSTER ON имя_индекса
SET WITHOUT CLUSTER
SET ( параметр_хранения = значение [, ... ] )
RESET ( параметр_хранения [, ... ] )
OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

ALTER MATERIALIZED VIEW изменяет различные расширенные свойства существующего материализованного представления.

Выполнить ALTER MATERIALIZED VIEW может только владелец материализованного представления. Чтобы сменить схему материализованного представления, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме материализованного представления. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать материализованное представление. Однако суперпользователь может сменить владельца материализованного представления в любом случае.)

Форма DEPENDS ON EXTENSION помечает материализованное представление как зависимое от расширения, так что матпредставление будет автоматически удаляться при удалении расширения.

Подвиды и действия оператора ALTER MATERIALIZED VIEW являются подмножеством тех, что относятся к команде ALTER TABLE, и имеют то же значение применительно к материализованным представлениям. За подробностями обратитесь к описанию ALTER TABLE.

Параметры

имя

Имя существующего материализованного представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя нового или существующего столбца.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть материализованное представление.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем материализованного представления.

новое_имя

Новое имя материализованного представления.

новая_схема

Новая схема материализованного представления.

Примеры

Переименование материализованного представления foo в bar:

```
ALTER MATERIALIZED VIEW foo RENAME TO bar;
```

Совместимость

ALTER MATERIALIZED VIEW является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, DROP MATERIALIZED VIEW, REFRESH MATERIALIZED VIEW

ALTER OPERATOR

ALTER OPERATOR — изменить определение оператора

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )  
OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

```
ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )  
SET SCHEMA новая_схема
```

```
ALTER OPERATOR имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )  
SET ( { RESTRICT = { процедура_ограничения | NONE }  
      | JOIN = { процедура_соединения | NONE }  
      } [, ... ] )
```

Описание

ALTER OPERATOR изменяет определение оператора.

Выполнить ALTER OPERATOR может только владелец соответствующего оператора. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме оператора. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать оператор. Однако суперпользователь может сменить владельца оператора в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего оператора (возможно, дополненное схемой).

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора; если у оператора нет левого операнда, укажите NONE.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора; если у оператора нет правого операнда, укажите NONE.

новый_владелец

Новый владелец оператора.

новая_схема

Новая схема оператора.

процедура_ограничения

Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора; значение NONE удаляет существующую функцию оценки.

процедура_соединения

Функция оценки избирательности соединения для этого оператора; значение NONE удаляет существующую функцию оценки.

Примеры

Смена владельца нестандартного оператора a @@ b для типа text:

```
ALTER OPERATOR @@ (text, text) OWNER TO joe;
```

Смена функций оценки избирательности ограничения и соединения для нестандартного оператора `a && b` для типа `int[]`:

```
ALTER OPERATOR && (_int4, _int4) SET (RESTRICT = __int_contsel, JOIN =  
__int_contjoinsel);
```

Совместимость

Команда `ALTER OPERATOR` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CREATE OPERATOR`, `DROP OPERATOR`

ALTER OPERATOR CLASS

ALTER OPERATOR CLASS — изменить определение класса операторов

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR CLASS имя USING метод_индекса  
    RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER OPERATOR CLASS имя USING метод_индекса  
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

```
ALTER OPERATOR CLASS имя USING метод_индекса  
    SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER OPERATOR CLASS изменяет определение класса операторов.

Выполнить ALTER OPERATOR CLASS может только владелец соответствующего класса операторов. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме класса операторов. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать класс операторов. Однако суперпользователь может сменить владельца классов операторов в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего класса операторов (возможно, дополненное схемой).

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

новое_имя

Новое имя класса операторов.

новый_владелец

Новый владелец класса операторов.

новая_схема

Новая схема класса операторов.

Совместимость

Команда ALTER OPERATOR CLASS отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR FAMILY

ALTER OPERATOR FAMILY

ALTER OPERATOR FAMILY — изменить определение семейства операторов

Синтаксис

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса ADD
{ OPERATOR номер_стратегии имя_оператора ( тип_операнда, тип_операнда )
  [ FOR SEARCH | FOR ORDER BY семейство_сортировки ]
| FUNCTION номер_опорной_функции [ ( тип_операнда [ , тип_операнда ] ) ]
  имя_функции [ ( тип_аргумента [ , ... ] ) ]
} [ , ... ]
```

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса DROP
{ OPERATOR номер_стратегии ( тип_операнда [ , тип_операнда ] )
| FUNCTION номер_опорной_функции ( тип_операнда [ , тип_операнда ] )
} [ , ... ]
```

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса
  RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса
  OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

```
ALTER OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса
  SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER OPERATOR FAMILY меняет определение семейства операторов. Она позволяет добавлять в семейство операторы и опорные функции, удалять их из семейства или менять имя и владельца семейства операторов.

Когда операторы и опорные функции добавляются в семейство с помощью ALTER OPERATOR FAMILY, они не становятся частью какого-либо определённого класса операторов в семействе, а просто считаются «слабосвязанными» с семейством. Это показывает, что эти операторы и функции семантически совместимы с семейством, но не требуются для корректной работы какого-либо индекса. (Операторы и функции, которые действительно требуются для этого, должны быть включены не в семейство, а в класс операторов; см. CREATE OPERATOR CLASS.) PostgreSQL позволяет удалять слабосвязанные члены из семейства в любое время, но члены класса операторов не могут быть удалены, пока не будет удалён весь класс и все зависимые от него индексы. Обычно в классы операторов включаются операторы и функции, работающие с одним типом данных (так как они нужны для поддержки индексов данных такого типа), а функции и операторы, работающие с разными типами, становятся слабосвязанными членами семейства.

Выполнить ALTER OPERATOR FAMILY может только суперпользователь. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение семейства операторов может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

ALTER OPERATOR FAMILY в настоящее время не проверяет, включает ли определение семейства операторов все операторы и функции, требуемые для индексного метода, и образуют ли они целостный набор. Ответственность за правильность определения семейства лежит на пользователе.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 38.15.

Параметры

имя

Имя существующего семейства операторов (возможно, дополненное схемой).

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

номер_стратегии

Номер стратегии индексного метода для оператора, связанного с данным семейством операторов.

имя_оператора

Имя (возможно, дополненное схемой) оператора, связанного с данным семейством операторов.

тип_операнда

В предложении `OPERATOR` указывается тип(ы) данных оператора или `NONE`, если это левый или правый унарный оператор. В отличие от похожего синтаксиса в `CREATE OPERATOR CLASS`, здесь типы операндов должны указываться всегда.

В предложении `ADD FUNCTION` это тип данных, который должна поддерживать эта функция, если он отличается от входного типа данных функции. Для функций сравнения B-деревьев и хеш-функций указывать *тип_операнда* необязательно, так как их входные типы данных всегда будут верными. Однако для функций поддержки сортировки B-деревьев и всех функций в классах операторов GiST, SP-GiST и GIN необходимо указать тип(ы) операндов, с которыми будут использоваться эти функции.

В предложении `DROP FUNCTION` тип операнда, который должна поддерживать эта функция.

семейство_сортировки

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов `btree`, описывающего порядок сортировки, связанный с оператором сортировки.

Если не указано ни `FOR SEARCH` (для поиска), ни `FOR ORDER BY` (для сортировки), подразумевается `FOR SEARCH`.

номер_опорной_функции

Номер опорной функции индексного метода для функции, связанной с данным семейством операторов.

имя_функции

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной функцией индексного метода для данного семейства операторов. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

тип_аргумента

Тип данных параметра функции.

новое_имя

Новое имя семейства операторов.

новый_владелец

Новый владелец семейства операторов.

новая_схема

Новая схема семейства операторов.

Предложения `OPERATOR` и `FUNCTION` могут указываться в любом порядке.

Замечания

Заметьте, что в синтаксисе `DROP` указывается только «слот» в семействе операторов, по номеру стратегии или опорной функции, и входные типы данных. Имя оператора или функции, занимающих этот слот, не упоминается. Также учтите, что в `DROP FUNCTION` указываются типы входных данных, которые должна поддерживать функция, но для индексов GiST, SP-GiST и GIN они могут не иметь ничего общего с типами фактических аргументов функции.

Так как механизмы индексов не проверяют права доступа к функциям прежде чем вызывать их, включение функций или операторов в семейство операторов по сути даёт всем право на выполнение их. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в семействе операторов.

Операторы не должны реализовываться в функциях на языке SQL. SQL-функция вероятнее всего будет встроена в вызывающий запрос, что помешает оптимизатору понять, что этот запрос соответствует индексу.

До PostgreSQL 8.4 предложение `OPERATOR` могло включать указание `RESHECK`. Теперь это не поддерживается, так как оператор индекса может быть «неточным» и это определяется на ходу в момент выполнения. Это позволяет эффективно справляться с ситуациями, когда оператор может быть или не быть неточным.

Примеры

Следующий пример добавляет опорные функции и операторы смешанных типов в семейство операторов, уже содержащее классы операторов B-дерева для типов данных `int4` и `int2`.

```
ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree ADD
```

```
-- int4 и int2
OPERATOR 1 < (int4, int2) ,
OPERATOR 2 <= (int4, int2) ,
OPERATOR 3 = (int4, int2) ,
OPERATOR 4 >= (int4, int2) ,
OPERATOR 5 > (int4, int2) ,
FUNCTION 1 btint42cmp(int4, int2) ,

-- int2 и int4
OPERATOR 1 < (int2, int4) ,
OPERATOR 2 <= (int2, int4) ,
OPERATOR 3 = (int2, int4) ,
OPERATOR 4 >= (int2, int4) ,
OPERATOR 5 > (int2, int4) ,
FUNCTION 1 btint24cmp(int2, int4) ;
```

Удаление этих же элементов:

```
ALTER OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree DROP
```

```
-- int4 vs int2
OPERATOR 1 (int4, int2) ,
OPERATOR 2 (int4, int2) ,
OPERATOR 3 (int4, int2) ,
OPERATOR 4 (int4, int2) ,
OPERATOR 5 (int4, int2) ,
FUNCTION 1 (int4, int2) ,

-- int2 vs int4
OPERATOR 1 (int2, int4) ,
OPERATOR 2 (int2, int4) ,
```

```
OPERATOR 3 (int2, int4) ,  
OPERATOR 4 (int2, int4) ,  
OPERATOR 5 (int2, int4) ,  
FUNCTION 1 (int2, int4) ;
```

Совместимость

Команда ALTER OPERATOR FAMILY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR FAMILY, DROP OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

ALTER POLICY

ALTER POLICY — изменить определение политики защиты на уровне строк

Синтаксис

```
ALTER POLICY имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER POLICY имя ON имя_таблицы  
[ TO { имя_роли | PUBLIC | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] ]  
[ USING ( выражение_использования ) ]  
[ WITH CHECK ( выражение_проверки ) ]
```

Описание

ALTER POLICY изменяет определение существующей политики на уровне строк. Заметьте, что ALTER POLICY позволяет изменить только набор ролей, для которых применяется политика, и выражения USING и WITH CHECK. Чтобы изменить другие свойства политики, например команду, к которой она применяется, а также характеристику разрешительная/ограничительная, политику надо удалить и создать заново.

Использовать ALTER POLICY может только владелец таблицы (или представления), к которой применяется эта политика.

Во второй форме ALTER POLICY список ролей, *выражение_использования* и *выражение_проверки* заменяются независимо, если они указаны. Когда одно из этих предложений опущено, соответствующая часть политики остаётся неизменной.

Параметры

имя

Имя существующей политики, подлежащей изменению.

имя_таблицы

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), к которой применяется эта политика.

новое_имя

Новое имя политики.

имя_роли

Роль (роли), на которую действует политика. В одной команде можно указать несколько ролей. Чтобы применить политику ко всем ролям, укажите PUBLIC.

выражение_использования

Выражение USING для политики. За подробностями обратитесь к CREATE POLICY.

выражение_проверки

Выражение WITH CHECK для политики. За подробностями обратитесь к CREATE POLICY.

Совместимость

ALTER POLICY является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE POLICY, DROP POLICY

ALTER PROCEDURE

ALTER PROCEDURE — изменить определение процедуры

Синтаксис

```
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER PROCEDURE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
```

Где *действие* может быть следующим:

```
[ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
RESET параметр_конфигурации
RESET ALL
```

Описание

ALTER PROCEDURE изменяет определение процедуры.

Выполнить ALTER PROCEDURE может только владелец процедуры. Чтобы сменить схему процедуры, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме представления. (С таким ограничением при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать процедуру. Однако суперпользователь может сменить владельца процедуры в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующей процедуры (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя процедуры должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: IN или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN.

имя_аргумента

Имя аргумента. Обратите внимание, что на самом деле ALTER PROCEDURE не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации процедуры достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов процедуры (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

новое_имя

Новое имя процедуры.

новый_владелец

Новый владелец процедуры. Заметьте, что если процедура помечена как SECURITY DEFINER, в дальнейшем она будет выполняться от имени нового владельца.

новая_схема

Новая схема процедуры.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть процедура.

[EXTERNAL] SECURITY INVOKER

[EXTERNAL] SECURITY DEFINER

Устанавливает, является ли процедура определяющей контекст безопасности. Ключевое слово EXTERNAL игнорируется для соответствия стандарту SQL. Подробнее это свойство описано в CREATE PROCEDURE.

параметр_конфигурации

значение

Добавляет или изменяет установку параметра конфигурации, выполняемую при вызове процедуры. Если задано *значение* DEFAULT или, что равнозначно, выполняется действие RESET, локальное переопределение для процедуры удаляется и процедура выполняется со значением, установленным в окружении. Для удаления всех установок параметров для данной процедуры укажите RESET ALL. SET FROM CURRENT устанавливает для последующих вызовов процедуры значение параметра, действующее в момент выполнения ALTER PROCEDURE.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

RESTRICT

Игнорируется для соответствия стандарту SQL.

Примеры

Переименование процедуры insert_data с двумя аргументами типа integer в insert_record:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) RENAME TO insert_record;
```

Смена владельца процедуры insert_data с двумя аргументами типа integer на joe:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) OWNER TO joe;
```

Смена схемы процедуры insert_data с двумя аргументами типа integer на accounting:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) SET SCHEMA accounting;
```

Обозначение процедуры insert_data(integer, integer) как зависимой от расширения myext:

```
ALTER PROCEDURE insert_data(integer, integer) DEPENDS ON EXTENSION myext;
```

Изменение пути поиска, который устанавливается автоматически для процедуры:

```
ALTER PROCEDURE check_password(text) SET search_path = admin, pg_temp;
```

Отмена автоматического определения `search_path` для процедуры:

```
ALTER PROCEDURE check_password(text) RESET search_path;
```

Теперь процедура будет выполняться с тем путём, который задан в момент вызова.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором `ALTER PROCEDURE` в стандарте SQL. Стандарт позволяет изменить больше свойств процедуры, но не даёт возможности переименовать процедуру, сделать процедуру определяющей контекст безопасности, связать с процедурой значения параметров конфигурации или изменить владельца, схему или характеристику изменчивости процедуры. Также стандарт требует наличия ключевого слова `RESTRICT`, но в PostgreSQL оно необязательное.

См. также

`CREATE PROCEDURE`, `DROP PROCEDURE`, `ALTER FUNCTION`, `ALTER ROUTINE`

ALTER PUBLICATION

ALTER PUBLICATION — изменить определение публикации

Синтаксис

```
ALTER PUBLICATION имя ADD TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя SET TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя DROP TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
ALTER PUBLICATION имя SET ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] )
ALTER PUBLICATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER PUBLICATION имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

Команда ALTER PUBLICATION может изменять атрибуты публикации.

Первые три формы управляют вхождением таблиц в публикации. Предложение SET TABLE заменяет список таблиц в публикации заданным. Предложения ADD TABLE и DROP TABLE добавляют и удаляют таблицы в публикации, соответственно. Заметьте, что при добавлении таблиц в публикацию, на которую уже оформлена подписка, необходимо выполнить ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION на стороне подписчика, чтобы это изменение вступило в силу.

Четвёртая форма этой команды, показанная в сводке синтаксиса, может изменять все свойства публикации, заданные в CREATE PUBLICATION. Свойства, которые не упоминаются в этой команде, сохраняют предыдущие значения.

Остальные формы команды меняют владельца и имя публикации.

Для выполнения ALTER PUBLICATION необходимо владеть данной публикацией. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в базе данных. Кроме того, новым владельцем публикации FOR ALL TABLES должен быть суперпользователь. Однако суперпользователь может менять владение публикацией, обходя эти ограничения.

Параметры

имя

Имя существующей публикации, определение которой изменяется.

имя_таблицы

Имя существующей таблицы. Если перед именем таблицы указано ONLY, затрагивается только заданная таблица. Без ONLY затрагивается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно добавить необязательное указание *, чтобы явно обозначить, что должны затрагиваться и все дочерние таблицы.

SET (*параметр_публикации* [= *значение*] [, ...])

Это предложение изменяет параметры публикации, изначально установленные командой CREATE PUBLICATION. За дополнительными сведениями обратитесь к её описанию.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем публикации.

новое_имя

Новое имя публикации.

Примеры

Изменение публикации, чтобы публиковались только удаления и изменения:

```
ALTER PUBLICATION noinsert SET (publish = 'update, delete');
```

Добавление таблиц в публикацию:

```
ALTER PUBLICATION mypublication ADD TABLE users, departments;
```

Совместимость

ALTER PUBLICATION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE PUBLICATION, DROP PUBLICATION, CREATE SUBSCRIPTION, ALTER SUBSCRIPTION

ALTER ROLE

ALTER ROLE — изменить роль в базе данных

Синтаксис

```
ALTER ROLE указание_роли [ WITH ] параметр [ ... ]
```

Здесь *параметр*:

```
SUPERUSER | NOSUPERUSER
| CREATEDB | NOCREATEDB
| CREATEROLE | NOCREATEROLE
| INHERIT | NOINHERIT
| LOGIN | NOLOGIN
| REPLICATION | NOREPLICATION
| BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
| CONNECTION LIMIT предел_подключений
| [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'
| VALID UNTIL 'дата_время'
```

```
ALTER ROLE имя RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
{ TO | = } { значение | DEFAULT }
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
FROM CURRENT
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET параметр_конфигурации
ALTER ROLE { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET ALL
```

Здесь *указание_роли*:

```
имя_роли
| CURRENT_USER
| SESSION_USER
```

Описание

ALTER ROLE изменяет атрибуты роли PostgreSQL.

Первая форма команды в этой справке может изменить многие атрибуты роли, которые можно указать в CREATE ROLE. (Покрываются все возможные атрибуты, отсутствуют только возможности добавления/удаления членов роли; для этого нужно использовать GRANT и REVOKE.) Атрибуты, не упомянутые в команде, сохраняют свои предыдущие значения. Суперпользователи базы данных могут изменить любые параметры любой роли, а пользователи с правом CREATEROLE могут также менять любые параметры, но только не ролей суперпользователей и репликации. Обычные пользователи (роли) могут менять только свой пароль.

Вторая форма меняет имя роли. Суперпользователи базы данных могут переименовать любую роль, а пользователи с правом CREATEROLE могут переименовывать роли не суперпользователей. Также нельзя переименовать роль текущего пользователя в активном сеансе. (Если вам нужно сделать это, подключитесь другим пользователем.) Так как в паролях с MD5-шифрованием имя роли используется в качестве хэша, при переименовании роли её пароль очищается, если он был зашифрован MD5.

Оставшиеся формы меняют значение по умолчанию конфигурационной переменной, которое будет распространяться на сеансы роли во всех базах данных, либо, если добавлено предложение IN DATABASE, только на сеансы роли в заданной базе. Если вместо имени роли указано ALL, это

значение переменной распространяется на все роли. Использование ALL с IN DATABASE по сути равносильно использованию команды ALTER DATABASE ... SET

Когда эта роль впоследствии установит новое подключение, указанное значение станет значением по умолчанию в сеансе, переопределяя значение, заданное в `postgresql.conf` или полученное из командной строки `postgres`. Это происходит только в момент входа; при выполнении SET ROLE или SET SESSION AUTHORIZATION новые значения не применяются. Набор параметров для всех баз данных переопределяется параметрами уровня БД, установленными для роли. Параметры для конкретной базы данных или конкретной роли переопределяют параметры для всех ролей.

Суперпользователи могут менять значения переменных по умолчанию для любых ролей, а пользователи с правом CREATEROLE могут менять их только для ролей не суперпользователей. Обычные пользователи могут определять переменные только для себя. Некоторые переменные конфигурации нельзя задать таким способом, а некоторые может настроить только суперпользователь. Параметры всех ролей во всех базах данных могут настраивать только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя роли, атрибуты которой изменяются.

CURRENT_USER

Выбирает для изменения текущего пользователя, а не явно задаваемую роль.

SESSION_USER

Выбирает для изменения текущего пользователя сеанса, а не явно задаваемую роль.

SUPERUSER

NOSUPERUSER

CREATEDB

NOCREATEDB

CREATEROLE

NOCREATEROLE

INHERIT

NOINHERIT

LOGIN

NOLOGIN

REPLICATION

NOREPLICATION

BYPASSRLS

NOBYPASSRLS

CONNECTION LIMIT *предел_подключений*

[ENCRYPTED] PASSWORD *пароль*

VALID UNTIL '*дата_время*'

Эти предложения меняют атрибуты, изначально установленные командой CREATE ROLE. За дополнительными сведениями обратитесь к странице справки CREATE ROLE.

новое_имя

Новое имя роли.

имя_бд

Имя базы данных, в которой устанавливается конфигурационная переменная.

параметр_конфигурации

значение

Указанный параметр конфигурации принимает заданное значение по умолчанию в сеансах роли. Если *значение* задано как DEFAULT или, что то же самое, применяется операция RESET, пе-

реопределение этого параметра для роли удаляется и роль будет получать в новых сеансах системное значение параметра. Для очистки значений всех параметров, связанных с ролью, применяется `RESET ALL`. `SET FROM CURRENT` сохраняет текущее значение параметра в активном сеансе в качестве значения для данной роли. Если указано `IN DATABASE`, параметр конфигурации настраивается или удаляется только для данной роли и указанной базы данных.

Определения переменных для роли применяются только в начале сеанса; команды `SET ROLE` и `SET SESSION AUTHORIZATION` эти определения не обрабатывают.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к `SET` и Главе 19.

Замечания

Для добавления новых ролей используйте команду `CREATE ROLE`, а для удаления роли — `DROP ROLE`.

`ALTER ROLE` не может управлять членством роли, для этого применяется `GRANT` и `REVOKE`.

Указывая в этой команде незашифрованный пароль, следует проявлять осторожность. Пароль будет передаваться на сервер открытым текстом и может также записаться в историю команд клиента или в протокол работы сервера. В `psql` есть команда `\password`, с помощью которой можно сменить пароль роли, не рискуя рассекретить пароль.

Также возможно связать сеансовые значения по умолчанию с определённой базой данных, а не с ролью (см. `ALTER DATABASE`). В случае конфликта параметры для базы данных и роли переопределяют параметры только для роли, которые, в свою очередь, переопределяют параметры для базы данных.

Примеры

Изменение пароля роли:

```
ALTER ROLE davide WITH PASSWORD 'hu8jmn3';
```

Удаление пароля роли:

```
ALTER ROLE davide WITH PASSWORD NULL;
```

Изменение срока действия пароля (в частности, определяется, что пароль должен перестать действовать в полдень 4 мая 2015 г. в часовом поясе UTC+1):

```
ALTER ROLE chris VALID UNTIL 'May 4 12:00:00 2015 +1';
```

Установка бесконечного срока действия пароля:

```
ALTER ROLE fred VALID UNTIL 'infinity';
```

Наделение роли правами на создание других ролей и новых баз данных:

```
ALTER ROLE miriam CREATEROLE CREATEDB;
```

Определение нестандартного значения параметра `maintenance_work_mem` для роли:

```
ALTER ROLE worker_bee SET maintenance_work_mem = 100000;
```

Определение нестандартного значения параметра `client_min_messages` для роли и заданной базы:

```
ALTER ROLE fred IN DATABASE devel SET client_min_messages = DEBUG;
```

Совместимость

Оператор `ALTER ROLE` является расширением PostgreSQL.

См. также

`CREATE ROLE`, `DROP ROLE`, `ALTER DATABASE`, `SET`

ALTER ROUTINE

ALTER ROUTINE — изменить определение подпрограммы

Синтаксис

```
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    действие [ ... ] [ RESTRICT ]
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    RENAME TO новое_имя
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER ROUTINE имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ]
    DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
```

Где *действие* может быть следующим:

```
IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [ NOT ] LEAKPROOF
[ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
COST стоимость_выполнения
ROWS строк_в_результате
SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | DEFAULT }
SET параметр_конфигурации FROM CURRENT
RESET параметр_конфигурации
RESET ALL
```

Описание

ALTER ROUTINE изменяет определение подпрограммы, то есть агрегата, функции или процедуры. Описание параметров, дополнительные примеры и подробности представлены в описаниях ALTER AGGREGATE, ALTER FUNCTION и ALTER PROCEDURE.

Примеры

Переименование подпрограммы foo для типа integer в foobar:

```
ALTER ROUTINE foo(integer) RENAME TO foobar;
```

Эта команда будет работать независимо от того, является ли foo процедурой, агрегатной или обычной функцией.

Совместимость

Этот оператор частично совместим с оператором ALTER ROUTINE в стандарте SQL. За подробностями обратитесь к описаниям ALTER FUNCTION и ALTER PROCEDURE. Возможность сослаться по имени подпрограммы на агрегатную функцию является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER AGGREGATE, ALTER FUNCTION, ALTER PROCEDURE, DROP ROUTINE

Заметьте, что команды CREATE ROUTINE нет.

ALTER RULE

ALTER RULE — изменить определение правила

Синтаксис

```
ALTER RULE имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER RULE изменяет свойства существующего правила. В настоящее время эта команда может только изменить имя правила.

Использовать ALTER RULE может только владелец таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

Параметры

имя

Имя существующего правила, подлежащего изменению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

новое_имя

Новое имя правила.

Примеры

Переименование существующего правила:

```
ALTER RULE notify_all ON emp RENAME TO notify_me;
```

Совместимость

Оператор ALTER RULE является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

CREATE RULE, DROP RULE

ALTER SCHEMA

ALTER SCHEMA — изменить определение схемы

Синтаксис

```
ALTER SCHEMA имя RENAME TO новое_имя  
ALTER SCHEMA имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

ALTER SCHEMA изменяет определение схемы.

Выполнить ALTER SCHEMA может только владелец соответствующей схемы. Чтобы переименовать схему, необходимо также иметь право CREATE в базе данных схемы. Чтобы сменить владельца необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца и иметь право CREATE в базе данных. (Суперпользователи наделяются этими правами автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующей схемы.

новое_имя

Новое имя схемы. Новое имя не может начинаться с pg_, так как такие имена зарезервированы для системных схем.

новый_владелец

Новый владелец схемы.

Совместимость

Оператор ALTER SCHEMA отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE SCHEMA, DROP SCHEMA

ALTER SEQUENCE

ALTER SEQUENCE — изменить определение генератора последовательности

Синтаксис

```
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя
  [ AS тип_данных ]
  [ INCREMENT [ BY ] шаг ]
  [ MINVALUE мин_значение | NO MINVALUE ] [ MAXVALUE макс_значение | NO MAXVALUE ]
  [ START [ WITH ] начало ]
  [ RESTART [ [ WITH ] перезапуск ] ]
  [ CACHE кеш ] [ [ NO ] CYCLE ]
  [ OWNED BY { имя_таблицы.имя_столбца | NONE } ]
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
SESSION_USER }
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER SEQUENCE меняет параметры существующего генератора последовательности. Параметры, не определяемые явно в команде ALTER SEQUENCE, сохраняют свои предыдущие значения.

Выполнить ALTER SEQUENCE может только владелец соответствующей последовательности. Чтобы сменить схему последовательности, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме последовательности. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать последовательность. Однако суперпользователь может сменить владельца последовательности в любом случае.)

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) последовательности, подлежащей изменению.

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если последовательность не существует. В этом случае будет выдано замечание.

тип_данных

Необязательное предложение AS *тип_данных* меняет тип данных для последовательности. Допустимые типы: smallint, integer и bigint.

При изменении типа данных автоматически меняются минимальное и максимальные значения последовательности, в том и только в том случае, если это были минимальные и максимальные значения старого типа данных (другими словами, если последовательность была создана со свойствами NO MINVALUE или NO MAXVALUE, неявно или явно). В противном случае минимальные и максимальные значения сохраняются, если только в этой же команде не указаны новые значения. Если минимальное/максимальное значение не уместится в новом типе данных, выдаётся ошибка.

шаг

Предложение INCREMENT BY *шаг* является необязательным. При положительном значении шага генерируется возрастающая последовательность, при отрицательном — убывающая; если шаг не указан, сохраняется предыдущее значение.

мин_значение

NO MINVALUE

Необязательное предложение `MINVALUE мин_значение` определяет минимальное значение, которое будет генерировать данная последовательность. Если указано `NO MINVALUE`, для возрастающей последовательности этим значением будет 1, а для убывающей — минимальное число для её типа данных. В отсутствие этих указаний будет сохранено текущее минимальное значение.

макс_значение

NO MAXVALUE

Необязательное предложение `MAXVALUE макс_значение` определяет максимальное значение, которое будет генерировать данная последовательность. Если указано `NO MAXVALUE`, для возрастающей последовательности этим значением будет максимальное число для её типа данных, а для убывающей — -1. В отсутствие этих указаний будет сохранено текущее максимальное значение.

начало

Необязательное предложение `START WITH начало` меняет записанное начальное значение последовательности. При этом *текущее* значение последовательности не меняется, а только устанавливается значение, которое будет применено будущими командами `ALTER SEQUENCE RESTART`.

перезапуск

Необязательное предложение `RESTART [ WITH перезапуск ]` меняет текущее значение последовательности. Оно подобно вызову функции `setval` с параметром `is_called = false`: указанное значение перезапуска будет возвращено при *следующем* вызове функции `nextval`. Отсутствие в `RESTART` значения *перезапуск* равносильно передаче стартового значения, записанного командой `CREATE SEQUENCE` или последнего установленного командой `ALTER SEQUENCE START WITH`.

В отличие от вызова `setval`, операция `RESTART` с последовательностью является транзакционной и не даёт параллельным транзакциям получать числа из той же последовательности. Если это поведение не устраивает, следует воспользоваться функцией `setval`.

кеш

Предложение `CACHE кеш` разрешает предварительно выделять и сохранять в памяти числа последовательности для ускорения доступа к ним. Минимальное значение равно 1 (т. е. за один раз генерируется только одно значение, кеширования нет). Если это предложение отсутствует, сохраняется старое значение размера кеша.

CYCLE

Необязательное ключевое слово `CYCLE` позволяет зациклить последовательность при достижении *макс_значения* или *мин_значения* для возрастающей и убывающей последовательности, соответственно. Когда этот предел достигается, следующим числом этих последовательностей будет соответственно *мин_значение* или *макс_значение*.

NO CYCLE

Если добавляется необязательное указание `NO CYCLE`, при каждом вызове `nextval` после достижения предельного значения будет возникать ошибка. Если же указания `CYCLE` и `NO CYCLE` отсутствуют, сохраняется предыдущее поведение закливания.

OWNED BY *имя_таблицы.имя_столбца*

OWNED BY NONE

Указание `OWNED BY` связывает последовательность с определённым столбцом таблицы, с тем чтобы при удалении этого столбца (или всей таблицы) автоматически удалась и последова-

тельность. Это указание заменяет любую ранее установленную связь данной последовательности. Целевая таблица должна иметь того же владельца и находиться в той же схеме, что и последовательность. Указание `OWNED BY NONE` убирает все существующие связи, обозначая последовательность «независимой».

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем последовательности.

новое_имя

Новое имя последовательности.

новая_схема

Новая схема последовательности.

Замечания

`ALTER SEQUENCE` не оказывает немедленного влияния на результаты `nextval` в серверных процессах, кроме текущего, которые могли предварительно сгенерировать (кешировать) значения последовательности. Эти процессы заметят изменения только после того, как будут израсходованы все кешированные значения. Текущий серверный процесс реагирует на изменения сразу.

`ALTER SEQUENCE` не влияет на значение `currval` последовательности. (В PostgreSQL до версии 8.3 это могло происходить.)

`ALTER SEQUENCE` блокирует параллельные вызовы `nextval`, `currval`, `lastval` и `setval`.

По историческим причинам `ALTER TABLE` тоже может работать с последовательностями, но все разновидности `ALTER TABLE`, допустимые для управления последовательностями, равнозначны вышеперечисленным формам.

Примеры

Перезапуск последовательности `serial` с числа 105:

```
ALTER SEQUENCE serial RESTART WITH 105;
```

Совместимость

Оператор `ALTER SEQUENCE` соответствует стандарту SQL, за исключением предложений `AS`, `START WITH`, `OWNED BY`, `OWNER TO`, `RENAME TO` и `SET SCHEMA`, являющихся расширениями PostgreSQL.

См. также

`CREATE SEQUENCE`, `DROP SEQUENCE`

ALTER SERVER

ALTER SERVER — изменить определение стороннего сервера

Синтаксис

```
ALTER SERVER имя [ VERSION 'новая_версия' ]  
      [ OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] ) ]  
ALTER SERVER имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }  
ALTER SERVER имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER SERVER изменяет определение стороннего сервера. Первая форма меняет строку версии сервера или общие параметры сервера (требуется минимум одно предложение). Вторая форма меняет владельца сервера.

Изменить свойства сервера может только его владелец. Чтобы изменить владельца, необходимо быть его владельцем, а также непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и кроме того, иметь право USAGE для обёртки сторонних данных сервера. (Суперпользователи удовлетворяют всем этим условиям автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующего сервера.

новая_версия

Новая версия сервера.

OPTIONS ([ADD | SET | DROP] *параметр* ['*значение*'] [, ...])

Эти формы изменяют параметры сервера. Указания ADD, SET и DROP определяют выполняемое действие (добавление, установка и удаление, соответственно). Если действие не задано явно, подразумевается ADD. Имена параметров должны быть уникальными, они вместе со значениями также проверяются библиотекой обёртки сторонних данных.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем стороннего сервера.

новое_имя

Новое имя стороннего сервера.

Примеры

Изменение свойств сервера foo, добавление параметров подключения:

```
ALTER SERVER foo OPTIONS (host 'foo', dbname 'foodb');
```

Изменение свойств сервера foo: смена версии, изменение параметра host:

```
ALTER SERVER foo VERSION '8.4' OPTIONS (SET host 'baz');
```

Совместимость

ALTER SERVER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Формы OWNER TO и RENAME являются расширениями PostgreSQL.

См. также

CREATE SERVER, DROP SERVER

ALTER STATISTICS

ALTER STATISTICS — изменить определение объекта расширенной статистики

Синтаксис

```
ALTER STATISTICS имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }  
ALTER STATISTICS имя RENAME TO новое_имя  
ALTER STATISTICS имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER STATISTICS меняет параметры существующего объекта расширенной статистики. Параметры, не определённые явно в команде ALTER STATISTICS, сохраняют свои предыдущие значения.

Выполнить ALTER STATISTICS может только владелец объекта статистики. Чтобы сменить схему объекта статистики, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, также нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, и эта роль должна иметь право CREATE в схеме объекта статистики. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать объект статистики. Однако суперпользователь может сменить владельца объекта статистики в любом случае.)

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) объекта статистики, подлежащего изменению.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем объекта статистики.

новое_имя

Новое имя объекта статистики.

новая_схема

Новая схема объекта статистики.

Совместимость

Оператор ALTER STATISTICS отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE STATISTICS, DROP STATISTICS

ALTER SUBSCRIPTION

ALTER SUBSCRIPTION — изменить определение подписки

Синтаксис

```
ALTER SUBSCRIPTION имя CONNECTION 'строка_подключения'
ALTER SUBSCRIPTION имя SET PUBLICATION имя_публикации [, ...] [ WITH
( параметр_set_publication [= значение] [, ...] ) ]
ALTER SUBSCRIPTION имя REFRESH PUBLICATION [ WITH ( параметр_обновления [= значение]
[, ...] ) ]
ALTER SUBSCRIPTION имя ENABLE
ALTER SUBSCRIPTION имя DISABLE
ALTER SUBSCRIPTION имя SET ( параметр_подписки [= значение] [, ...] )
ALTER SUBSCRIPTION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER SUBSCRIPTION имя RENAME TO новое_имя
```

Описание

ALTER SUBSCRIPTION может менять многие свойства подписки, которые могут задаваться в CREATE SUBSCRIPTION.

Чтобы выполнить ALTER SUBSCRIPTION для подписки, нужно быть её владельцем. Чтобы сменить владельца, нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца. Новый владелец должен быть суперпользователем. (В настоящее время все владельцы подписок должны быть суперпользователями, так что на практике проверка владельца будет пропущена. Но в будущем это может быть изменено.)

Параметры

имя

Имя подписки, свойства которой изменяются.

CONNECTION '*строка_подключения*'

Это предложение изменяет строку соединения, изначально установленную командой CREATE SUBSCRIPTION. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию этой команды.

SET PUBLICATION *имя_публикации*

Изменяет список публикаций, на которые оформлена подписка. За подробностями обратитесь к описанию CREATE SUBSCRIPTION. По умолчанию эта команда также выполняет действие REFRESH PUBLICATION.

В указании *параметр_set_publication* задаются дополнительные свойства операции. Поддерживаются следующие параметры:

refresh (boolean)

Со значением *false* данная команда не будет обновлять информацию о таблицах. В этом случае следует выполнить REFRESH PUBLICATION отдельно. Значение по умолчанию — *true*.

Кроме того, здесь могут задаваться параметры обновления, упомянутые в описании REFRESH PUBLICATION.

REFRESH PUBLICATION

Считывает недостающую информацию о таблицах с публикующего сервера. В результате производится репликация таблиц, добавленных в публикации, на которые оформлена подписка, после последнего вызова REFRESH PUBLICATION или CREATE SUBSCRIPTION.

В указании *параметр_обновления* задаются дополнительные свойства операции обновления. Поддерживаются следующие параметры:

copy_data (boolean)

Определяет, должны ли копироваться существующие данные в публикациях, на которые оформляется подписка, сразу после начала репликации. Значение по умолчанию — `true`.

ENABLE

Включает ранее отключённую подписку, запуская процесс логической репликации в конце транзакции.

DISABLE

Отключает активную подписку, останавливая процесс логической репликации в конце транзакции.

SET (*параметр_подписки* [= *значение*] [, ...])

Это предложение изменяет параметры, изначально установленные командой CREATE SUBSCRIPTION. За подробностями обратитесь к её описанию. Оно принимает параметры *slot_name* и *synchronous_commit*

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем подписки.

новое_имя

Новое имя подписки.

Примеры

Изменение подписки, заключающееся в подписывании на публикацию `insert_only`:

```
ALTER SUBSCRIPTION mysub SET PUBLICATION insert_only;
```

Отключение (остановка) подписки:

```
ALTER SUBSCRIPTION mysub DISABLE;
```

Совместимость

ALTER SUBSCRIPTION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SUBSCRIPTION, DROP SUBSCRIPTION, CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

ALTER SYSTEM

ALTER SYSTEM — изменить параметр конфигурации сервера

Синтаксис

```
ALTER SYSTEM SET параметр_конфигурации { TO | = } { значение | 'значение' | DEFAULT }

ALTER SYSTEM RESET параметр_конфигурации
ALTER SYSTEM RESET ALL
```

Описание

Оператор ALTER SYSTEM применяется для изменения параметров конфигурации сервера, распространяющихся на весь кластер баз данных. Пользоваться им может быть удобнее, чем вручную редактировать файл postgresql.conf. ALTER SYSTEM записывает заданное значение параметра в файл postgresql.auto.conf, который считывается сервером в дополнение к postgresql.conf. При указании в качестве значения параметра DEFAULT или применении формы RESET соответствующий элемент конфигурации удаляется из postgresql.auto.conf. Удалить все настроенные таким способом параметры позволяет предложение RESET ALL.

Значения, установленные командой ALTER SYSTEM, вступают в силу после следующей перезагрузки конфигурации сервера либо после перезапуска сервера (если это параметры, воспринимаемые только при запуске). Перезагрузить конфигурацию сервера можно, вызвав SQL-функцию pg_reload_conf(), выполнив pg_ctl reload или отправив сигнал SIGHUP главному серверному процессу.

Выполнить ALTER SYSTEM могут только суперпользователи. А так как эта команда работает непосредственно с файловой системой и не может быть отменена, её нельзя поместить в блок транзакции или функцию.

Параметры

параметр_конфигурации

Имя устанавливаемого параметра конфигурации. Список доступных параметров приведён в Главе 19.

значение

Новое значение параметра. Значениями могут быть строковые константы, идентификаторы, числа или списки таких элементов через запятую, в зависимости от конкретного параметра. Если в качестве значения указать DEFAULT, параметр и его значение удаляется из postgresql.auto.conf.

Замечания

С помощью этой команды нельзя задать data_directory, равно как и другие параметры, недопустимые в postgresql.conf (например, предустановленные параметры).

Другие способы настройки параметров описаны в Разделе 19.1.

Примеры

Установка уровня ведения журнала транзакций (wal_level):

```
ALTER SYSTEM SET wal_level = replica;
```

Отмена изменения, восстановление значения, заданного в postgresql.conf:

```
ALTER SYSTEM RESET wal_level;
```

Совместимость

Оператор `ALTER SYSTEM` является расширением PostgreSQL.

См. также

`SET`, `SHOW`

ALTER TABLE

ALTER TABLE — изменить определение таблицы

Синтаксис

```
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    действие [, ... ]
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    RENAME [ COLUMN ] имя_столбца TO новое_имя_столбца
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] [ ONLY ] имя [ * ]
    RENAME CONSTRAINT имя_ограничения TO имя_нового_ограничения
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    RENAME TO новое_имя
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    SET SCHEMA новая_схема
ALTER TABLE ALL IN TABLESPACE имя [ OWNED BY имя_роли [, ... ] ]
    SET TABLESPACE новое_табл_пространство [ NOWAIT ]
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    ATTACH PARTITION имя_секции { FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
ALTER TABLE [ IF EXISTS ] имя
    DETACH PARTITION имя_секции
```

Где *действие* может быть следующим:

```
ADD [ COLUMN ] [ IF NOT EXISTS ] имя_столбца тип_данных
[ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
DROP [ COLUMN ] [ IF EXISTS ] имя_столбца [ RESTRICT | CASCADE ]
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца [ SET DATA ] TYPE тип_данных
[ COLLATE правило_сортировки ] [ USING выражение ]
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET | DROP } NOT NULL
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца ADD GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY
[ ( параметры_последовательности ) ]
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца { SET GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } |
SET параметр_последовательности | RESTART [ [ WITH ] перезапуск ] } [...]
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP IDENTITY [ IF EXISTS ]
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STATISTICS integer
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET ( атрибут = значение [, ... ] )
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца RESET ( атрибут [, ... ] )
ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET STORAGE { PLAIN | EXTERNAL | EXTENDED | MAIN }
ADD ограничение_таблицы [ NOT VALID ]
ADD ограничение_таблицы_по_индексу
ALTER CONSTRAINT имя_ограничения [ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY
DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]
VALIDATE CONSTRAINT имя_ограничения
DROP CONSTRAINT [ IF EXISTS ] имя_ограничения [ RESTRICT | CASCADE ]
DISABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
ENABLE TRIGGER [ имя_триггера | ALL | USER ]
ENABLE REPLICA TRIGGER имя_триггера
ENABLE ALWAYS TRIGGER имя_триггера
DISABLE RULE имя_правила_перезаписи
ENABLE RULE имя_правила_перезаписи
ENABLE REPLICA RULE имя_правила_перезаписи
ENABLE ALWAYS RULE имя_правила_перезаписи
DISABLE ROW LEVEL SECURITY
```

```

ENABLE ROW LEVEL SECURITY
FORCE ROW LEVEL SECURITY
NO FORCE ROW LEVEL SECURITY
CLUSTER ON имя_индекса
SET WITHOUT CLUSTER
SET WITH OIDS
SET WITHOUT OIDS
SET TABLESPACE новое_табл_пространство
SET { LOGGED | UNLOGGED }
SET ( параметр_хранения = значение [, ...] )
RESET ( параметр_хранения [, ...] )
INHERIT таблица_родитель
NO INHERIT таблица_родитель
OF имя_типа
NOT OF
OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
REPLICA IDENTITY { DEFAULT | USING INDEX имя_индекса | FULL | NOTHING }

```

и *указание_границ_секции*:

```

IN ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | NULL } [, ...] ) |
FROM ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
MAXVALUE } [, ...] )
TO ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
MAXVALUE } [, ...] ) |
WITH ( MODULUS числовая_константа, REMAINDER числовая_константа )

```

и *ограничение_столбца*:

```

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
NULL |
CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
DEFAULT выражение_по_умолчанию |
GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [ ( параметры_последовательности ) ] |
UNIQUE параметры_индекса |
PRIMARY KEY параметры_индекса |
REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец ) ] [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL |
MATCH SIMPLE ]
[ ON DELETE действие ] [ ON UPDATE действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

```

и *ограничение_таблицы*:

```

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
UNIQUE ( имя_столбца [, ...] ) параметры_индекса |
PRIMARY KEY ( имя_столбца [, ...] ) параметры_индекса |
EXCLUDE [ USING метод_индекса ] ( элемент_исключения WITH оператор
[, ...] ) параметры_индекса [ WHERE ( предикат ) ] |
FOREIGN KEY ( имя_столбца [, ...] ) REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец
[, ...] ) ]
[ MATCH FULL | MATCH PARTIAL | MATCH SIMPLE ] [ ON DELETE действие ] [ ON
UPDATE действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

```

и *ограничение_таблицы_по_индексу*:

```
[ CONSTRAINT имя_ограничения ]  
{ UNIQUE | PRIMARY KEY } USING INDEX имя_индекса  
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]
```

параметры_индекса в ограничениях UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE:

```
[ INCLUDE ( имя_столбца [, ... ] ) ]  
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]  
[ USING INDEX TABLESPACE табл_пространство ]
```

элемент_исключения в ограничении EXCLUDE:

```
{ имя_столбца | ( выражение ) } [ класс_операторов ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST |  
LAST } ]
```

Описание

ALTER TABLE меняет определение существующей таблицы. Несколько её разновидностей описаны ниже. Заметьте, что для разных разновидностей могут требоваться разные уровни блокировок. Если явно не отмечено другое, требуется блокировка ACCESS EXCLUSIVE. При перечислении нескольких подкоманд будет запрашиваться самая сильная блокировка из требуемых ими.

ADD COLUMN [IF NOT EXISTS]

Эта форма добавляет в таблицу новый столбец, с тем же синтаксисом, что и CREATE TABLE. Если указано IF NOT EXISTS и столбец с таким именем уже существует, это не будет ошибкой.

DROP COLUMN [IF EXISTS]

Эта форма удаляет столбец из таблицы. При этом автоматически будут удалены индексы и ограничения таблицы, связанные с этим столбцом. Также будет удалена многовариантная статистика, охватывающая удаляемый столбец, если после его удаления в статистике останутся данные только одного столбца. Если от этого столбца зависят какие либо объекты вне этой таблицы, например, внешние ключи или представления, чтобы удалить их, необходимо добавить указание CASCADE. Если в команде указано IF EXISTS и этот столбец не существует, это не считается ошибкой, вместо этого просто выдаётся замечание.

SET DATA TYPE

Эта форма меняет тип столбца таблицы. Индексы и простые табличные ограничения, включающие этот столбец, будут автоматически преобразованы для использования нового типа столбца, для чего будет заново разобрано определяющее их выражение. Необязательное предложение COLLATE задаёт правило сортировки для нового столбца; если оно опущено, выбирается правило сортировки по умолчанию для нового типа. Необязательное предложение USING определяет, как новое значение столбца будет получено из старого; если оно отсутствует, выполняется приведение типа по умолчанию, как обычное присваивание значения старого типа новому. Предложение USING становится обязательным, если неявное приведение или присваивание с приведением старого типа к новому не определено.

SET/DROP DEFAULT

Эти формы задают или удаляют значение по умолчанию для столбцов. Значения по умолчанию применяются только при последующих командах INSERT или UPDATE; их изменения не отражаются в строках, уже существующих в таблице.

SET/DROP NOT NULL

Эти формы определяют, будет ли столбец принимать значения NULL или нет. Задать SET NOT NULL можно, только если столбец не содержит значений NULL.

Если данная таблица является секцией, операцию DROP NOT NULL нельзя выполнить для столбца, если он определён с характеристикой NOT NULL в родительской таблице. Чтобы удалить огра-

ничество NOT NULL из всех секций, выполните DROP NOT NULL для родительской таблицы. Даже если ограничение NOT NULL в родительской таблице отсутствует, при желании такое ограничение может быть добавлено в отдельные секции. Другими словами, потомки могут запрещать значения NULL, даже если родитель их допускает, но не наоборот.

```
ADD GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY
SET GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT }
DROP IDENTITY [ IF EXISTS ]
```

Эти формы определяют, является ли столбец столбцом идентификации, и меняют свойства генерирования значений уже существующего столбца идентификации. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

Если указано DROP IDENTITY IF EXISTS и заданный столбец не является столбцом идентификации, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

```
SET параметр_последовательности
RESTART
```

Эти формы меняют нижележащую последовательность ранее созданного столбца идентификации. Здесь *параметр_последовательности* — это параметр, поддерживаемый командой ALTER SEQUENCE, например INCREMENT BY.

```
SET STATISTICS
```

Эта форма задаёт ориентир сбора статистики по столбцу для последующих операций ANALYZE. Диапазон допустимых значений ориентира: 0..10000; при -1 применяется системное значение по умолчанию (default_statistics_target). За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

SET STATISTICS запрашивает блокировку SHARE UPDATE EXCLUSIVE.

```
SET ( атрибут = значение [, ... ] )
RESET ( атрибут [, ... ] )
```

Эта форма устанавливает или сбрасывает параметры атрибутов. В настоящее время единственными параметрами атрибутов являются n_distinct и n_distinct_inherited, которые переопределяют оценку кол-ва_различных_значений, производимую последующими операциями ANALYZE. Атрибут n_distinct влияет на расчёт статистики по самой таблице, а n_distinct_inherited — на статистику по таблице и её потомкам. Если заданное значение положительно, ANALYZE будет считать, что столбец содержит именно это количество различных значений не NULL. Если заданное значение отрицательно (оно должно быть больше или равно -1), ANALYZE будет считать, что количество различных значений не NULL в столбце линейно зависит от размера таблицы; точное число будет получено умножением примерного размера таблицы на абсолютное значение параметра. Например, при -1 будет предполагаться, что различны все значения в столбце, а при -0,5 — что в среднем каждое значение повторяется дважды. Это может быть полезно, когда размер таблицы меняется со временем, так как умножение на число строк в таблице производится только во время планирования запроса. С 0 количество различных значений оценивается как обычно. За дополнительными сведениями об использовании статистики планировщиком запросов PostgreSQL обратитесь к Разделу 14.2.

Для изменения параметров атрибутов запрашивается блокировка SHARE UPDATE EXCLUSIVE.

```
SET STORAGE
```

Эта форма устанавливает режим хранения столбца. Она определяет, хранятся ли данные внутри таблицы или в отдельной таблице TOAST, а также, сжимаются ли они. Режим PLAIN должен применяться для значений фиксированной длины, таких как integer; это вариант хранения внутри, без сжатия. Режим MAIN применяется для хранения внутри, но сжатых данных, EXTERNAL — для внешнего хранения несжатых данных, а EXTENDED — для внешнего хранения

сжатых данных. `EXTENDED` используется по умолчанию для большинства типов данных, поддерживающих хранилище не `PLAIN`. Применение `EXTERNAL` позволяет ускорить операции с подстроками на очень больших значениях `text` и `bytea`, за счёт проигрыша в объёме хранилища. Обратите внимание, что предложение `SET STORAGE` само по себе не меняет ничего в таблице, оно только задаёт стратегию, которая будет реализована при будущих изменениях в таблице. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 68.2.

`ADD ограничение_таблицы [ NOT VALID ]`

Эта форма добавляет в таблицу новое ограничение, с тем же синтаксисом, что и `CREATE TABLE`, и дополнительным указанием `NOT VALID`, которое в настоящее время разрешено только для ограничений внешнего ключа и ограничений-проверок. Если ограничение помечено как `NOT VALID`, потенциально длительная начальная проверка того, что ему удовлетворяют все строки, пропускается. Тем не менее это ограничение будет действовать при последующих добавлениях или изменениях (то есть, эти операции не будут выполнены, если, в случае с внешним ключом, в главной таблице не найдётся соответствующая строка, либо, в случае с ограничением-проверкой, новая строка нарушит проверочное условие). Но база данных не будет считать, что ограничение выполняется для всех строк таблицы, пока оно не будет проверено с применением указания `VALIDATE CONSTRAINT`. Ограничения внешнего ключа для секционированных таблиц в настоящее время не могут помечаться как `NOT VALID`.

Для добавления ограничения внешнего ключа требуется блокировка `SHARE ROW EXCLUSIVE` в целевой таблице.

С ограничениями уникальности и первичного ключа, добавляемыми в секционированные таблицы, связаны дополнительные требования; см. `CREATE TABLE`.

`ADD ограничение_таблицы_по_индексу`

Эта форма добавляет в таблицу новое ограничение `PRIMARY KEY` или `UNIQUE` на базе существующего уникального индекса. В это ограничение будут включены все столбцы данного индекса.

Индекс не может быть частичным и включать столбцы-выражения. Кроме того, это должен быть индекс-B-дерево с порядком сортировки по умолчанию. С такими ограничениями добавляемые индексы не будут ничем отличаться от индексов, создаваемых обычными командами `ADD PRIMARY KEY` и `ADD UNIQUE`.

В случае с указанием `PRIMARY KEY`, если столбцы индекса ещё не помечены `NOT NULL`, данная команда попытается выполнить `ALTER COLUMN SET NOT NULL` для каждого столбца. При этом потребуется произвести полное сканирование таблицы, чтобы убедиться, что столбец(ы) не содержит `NULL`. Во всех остальных случаях это быстрая операция.

Если задано имя ограничения, индекс будет переименован и получит заданное имя. В противном случае, именем ограничения станет имя индекса.

После выполнения этой команды индекс становится «принадлежащим» ограничению, так же, как если бы он был создан обычной командой `ADD PRIMARY KEY` или `ADD UNIQUE`. Это значит, в частности, что при удалении ограничения индекс будет удалён вместе с ним.

Эта форма с секционированными таблицами в настоящее время не поддерживается.

Примечание

Добавление ограничения на базе существующего индекса бывает полезно в ситуациях, когда новое ограничение требуется добавить, не блокируя изменения в таблице на долгое время. Для этого можно создать индекс командой `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, а затем задействовать его как полноценное ограничение, используя эту запись. См. следующий пример.

ALTER CONSTRAINT

Эта форма меняет атрибуты созданного ранее ограничения. В настоящее время изменять можно только ограничения внешнего ключа.

VALIDATE CONSTRAINT

Эта форма проверяет ограничение внешнего ключа или ограничение-проверку, созданное ранее с указанием `NOT VALID`, сканируя всю таблицу с целью убедиться, что ограничению удовлетворяют все строки. Если ограничение уже помечено как верное, ничего не происходит.

Проверка больших таблиц может быть довольно длительной. Смысл отделения проверки от собственно создания ограничения состоит в том, что это позволяет отложить проверку на время меньшей активности или провести дополнительную работу с существующими ошибками и при этом не допустить новых. Заметьте также, что во время осуществления проверки сама по себе она не препятствует выполнению обычных команд записи в таблицу.

При проверке запрашивается только блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE` целевой таблицы. Для ограничений внешнего ключа требуется также блокировка `ROW SHARE` в таблице, на которую ссылается ограничение.

DROP CONSTRAINT [IF EXISTS]

Эта форма удаляет указанное ограничение таблицы, вместе с нижележащим индексом, если таковой имеется. Если указано `IF EXISTS` и заданное ограничение не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

DISABLE/ENABLE [REPLICA | ALWAYS] TRIGGER

Эти формы настраивают срабатывание триггера(ов), принадлежащего таблице. Отключённый триггер сохраняется в системе, но не выполняется, когда происходит вызывающее его событие. Для отложенных триггеров состояние включения проверяется при возникновении события, а не когда фактически вызывается функция триггера. Эта команда может отключить или включить один триггер по имени, либо все триггеры таблицы, либо только пользовательские триггеры (кроме сгенерированных внутрисистемных триггеров ограничений, например, триггеров, реализующих ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и ограничения-исключения). Для отключения или включения сгенерированных внутрисистемных триггеров ограничений требуются права суперпользователя; отключать их следует с осторожностью, так как очевидно, что невозможно гарантировать целостность ограничений, если триггеры не работают.

На механизм срабатывания триггеров также влияет конфигурационная переменная `session_replication_role`. Включённые без дополнительных указаний (по умолчанию) триггеры будут срабатывать, когда роль репликации — «origin» (по умолчанию) или «local». Триггеры, включённые указанием `ENABLE REPLICA`, будут срабатывать, только если текущий режим сеанса — «replica», а триггеры, включённые указанием `ENABLE ALWAYS`, будут срабатывать независимо от текущего режима репликации.

Эффект этого механизма состоит в том, что в конфигурации по умолчанию триггеры не срабатывают в репликах. Это полезно, потому что если триггер используется в исходной базе для распределения данных по таблицам, система репликации будет реплицировать и распределённые таким образом данные, поэтому триггер не должен срабатывать в реплике второй раз, так как иначе будет иметь место дублирование. Однако, если триггер используется для других целей, например, выдаёт уведомления, может иметь смысл установить для него свойство `ENABLE ALWAYS`, чтобы он также срабатывал в репликах.

Эта команда запрашивает блокировку `SHARE ROW EXCLUSIVE`.

DISABLE/ENABLE [REPLICA | ALWAYS] RULE

Эти формы настраивают срабатывание правил перезаписи, относящихся к таблице. Отключённое правило сохраняется в системе, но не применяется во время переписывания запроса. По

сути эти операции подобны операциям включения/отключения триггеров. Однако это не распространяется на правила `ON SELECT` — они применяются всегда, чтобы представления продолжали работать, даже в сеансах, исполняющих не основную роль репликации.

На механизм срабатывания правил также оказывает влияние конфигурационная переменная `session_replication_role`, подобное тому, что описано выше применительно к триггерам.

DISABLE/ENABLE ROW LEVEL SECURITY

Эти формы управляют применением относящихся к таблице политик защиты строк. Если защита включается, но политики для таблицы не определены, применяется политика запрета доступа по умолчанию. Заметьте, что политики могут быть определены для таблицы, даже если защита на уровне строк отключена — в этом случае политики НЕ применяются и их ограничения игнорируются. См. также `CREATE POLICY`.

NO FORCE/FORCE ROW LEVEL SECURITY

Эти формы управляют применением относящихся к таблице политик защиты строк, когда пользователь является её владельцем. Если это поведение включается, политики защиты на уровне строк будут действовать и на владельца таблицы. Если оно отключено (по умолчанию), защита на уровне строк не будет действовать на пользователя, являющегося владельцем таблицы. См. также `CREATE POLICY`.

CLUSTER ON

Эта форма выбирает индекс по умолчанию для последующих операций `CLUSTER`. Собственно кластеризация таблицы при этом не выполняется.

Для изменения параметров кластеризации запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

SET WITHOUT CLUSTER

Эта форма удаляет последнее заданное указание индекса для `CLUSTER`. Её действие отразится на будущих операциях кластеризации, для которых не будет задан индекс.

Для изменения параметров кластеризации запрашивается блокировка `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`.

SET WITH OIDS

Эта форма добавляет в таблицу системный столбец `oid` (см. Раздел 5.4). Если в таблице уже есть такой столбец, она не делает ничего.

Заметьте, что это не равнозначно команде `ADD COLUMN oid oid` (эта команда добавит не системный, а обычный столбец с подходящим именем `oid`).

SET WITHOUT OIDS

Эта форма удаляет из таблицы системный столбец `oid`. Это в точности равнозначно `DROP COLUMN oid RESTRICT`, за исключением того, что в случае отсутствия столбца `oid` ошибки не будет.

SET TABLESPACE

Эта форма меняет табличное пространство таблицы на заданное и перемещает файлы данных, связанные с таблицей, в новое пространство. Индексы таблицы, если они имеются, не перемещаются; однако их можно переместить отдельно дополнительными командами `SET TABLESPACE`. Форма `ALL IN TABLESPACE` позволяет перенести в другое табличное пространство все таблицы текущей базы данных, при этом она сначала блокирует все таблицы, а затем переносит каждую из них. Эта форма также поддерживает указание `OWNED BY`, с которым перемещаются только таблицы указанного владельца. Если указан параметр `NOWAIT`, команда завершится ошибкой, если не сможет получить все требуемые блокировки немедленно. Заметьте, что системные ка-

таблицы эта форма не перемещает; если требуется переместить их, следует использовать ALTER DATABASE или явные вызовы ALTER TABLE. Отношения `information_schema` не считаются частью системных каталогов и подлежат перемещению. См. также CREATE TABLESPACE.

SET { LOGGED | UNLOGGED }

Эта форма меняет характеристику журналирования таблицы, делает таблицу журналируемой/нежурналируемой, соответственно (см. UNLOGGED). К временной таблице она неприменима.

SET (*параметр_хранения* = *значение* [, ...])

Эта форма меняет один или несколько параметров хранения таблицы. Подробнее допустимые параметры описаны в Подразделе «Параметры хранения». Заметьте, что эта команда не меняет содержимое таблицы немедленно; в зависимости от параметра может потребоваться перезаписать таблицы, чтобы получить желаемый эффект. Это можно сделать с помощью команд VACUUM FULL, CLUSTER или одной из форм ALTER TABLE, принудительно перезаписывающих таблицу. Изменения параметров, связанных с планировщиком, вступают в силу при следующей блокировке таблицы, так что в текущих запросах они не проявляются.

Данная форма затребует блокировку SHARE UPDATE EXCLUSIVE для изменения параметров хранения, связанных с фактором заполнения, TOAST и автоочисткой, а также следующих параметров, связанных с планировщиком: `effective_io_concurrency`, `parallel_workers`, `seq_page_cost`, `random_page_cost`, `n_distinct` и `n_distinct_inherited`.

Примечание

Хотя CREATE TABLE позволяет указать OIDS в синтаксисе WITH (*параметр_хранения*), ALTER TABLE не воспринимает OIDS как параметр хранения. Поэтому для изменения характеристики OID следует применять формы SET WITH OIDS и SET WITHOUT OIDS.

RESET (*параметр_хранения* [, ...])

Эта форма сбрасывает один или несколько параметров хранения к значениям по умолчанию. Как и с SET, для полного обновления таблицы может потребоваться перезаписать таблицу.

INHERIT *таблица_родитель*

Эта форма назначает целевую таблицу потомком заданной родительской таблицы. Впоследствии запросы к родительской таблице будут включать записи и целевой таблицы. Чтобы таблица могла стать потомком, она должна содержать те же столбцы, что и родительская (хотя она может включать и дополнительные столбцы). Столбцы должны иметь одинаковые типы данных и, если в родительской таблице какие-то из них имеют ограничение NOT NULL, они должны иметь ограничение NOT NULL и в таблице-потомке.

Также в таблице-потомке должны присутствовать все ограничения CHECK родительской таблицы, за исключением ненаследуемых (то есть созданных командой ALTER TABLE ... ADD CONSTRAINT ... NO INHERIT), которые игнорируются; при этом все соответствующие ограничения в таблице-потомке не должны быть ненаследуемыми. В настоящее время ограничения UNIQUE, PRIMARY KEY и FOREIGN KEY не учитываются, но в будущем это может измениться.

NO INHERIT *таблица_родитель*

Эта форма удаляет целевую таблицу из списка потомков указанной родительской таблицы. Результаты запросов к родительской таблице после этого не будут включать записи, взятые из целевой таблицы.

OF *имя_типа*

Эта форма связывает таблицу с составным типом, как если бы она была сформирована командой CREATE TABLE OF. При этом список имён и типов столбцов должен точно соответствовать

тому, что образует составной тип; отличие возможно в системном столбце `oid`. Кроме того, таблица не должна быть потомком какой-либо другой таблицы. Эти ограничения — залог того, что команда `CREATE TABLE OF` позволит создать таблицу с таким же определением.

NOT OF

Эта форма разрывает связь типизированной таблицы с её типом.

OWNER TO

Эта форма меняет владельца таблицы, последовательности, представления, материализованного представления или сторонней таблицы на заданного пользователя.

REPLICA IDENTITY

Эта форма меняет информацию, записываемую в журнал предзаписи для идентификации изменяемых или удаляемых строк. Данный параметр действует только при использовании логической репликации. В режиме `DEFAULT` (по умолчанию для не системных таблиц) записываются старые значения столбцов первичного ключа, если он есть. В режиме `USING INDEX` записываются старые значения столбцов, составляющих заданный индекс, который должен быть уникальным, не частичным, не отложенным и включать только столбцы, помеченные `NOT NULL`. В режиме `FULL` записываются старые значения всех столбцов в строке, а в режиме `NOTHING` (по умолчанию для системных таблиц) никакая информация о старой строке не записывается. Во всех случаях старые значения записываются в журнал, только если как минимум в одном столбце из тех, что должны быть записаны, произошли изменения в новой строке.

RENAME

Формы `RENAME` меняют имя таблицы (или индекса, последовательности, представления, материализованного представления или сторонней таблицы), имя отдельного столбца таблицы или имя ограничения таблицы. При переименовании ограничения, у которого имеется нижележащий индекс, этот индекс также переименовывается. На хранимые данные это не влияет.

SET SCHEMA

Эта форма перемещает таблицу в другую схему. Вместе с таблицей перемещаются связанные с ней индексы и ограничения, а также последовательности, принадлежащие столбцам таблицы.

ATTACH PARTITION *имя_секции* { FOR VALUES *указание_границ_секции* | DEFAULT }

Эта форма присоединяет существующую таблицу (которая тоже может быть секционированной) в качестве секции к целевой таблице. С указанием `FOR VALUES` таблица станет секцией для определённых значений, а с указанием `DEFAULT` — секцией по умолчанию. Для каждого индекса в целевой таблице будет создан соответствующий индекс в присоединяемой таблице; или, если равнозначный индекс уже существует, он будет присоединён к индексу целевой таблицы, как при выполнении команды `ALTER INDEX ATTACH PARTITION`.

Для секции, добавляемой с `FOR VALUES`, используется то же *указание_границ_секции*, что и в `CREATE TABLE`. Это указание должно соответствовать стратегии секционирования и ключу разбиения целевой таблицы. Присоединяемая таблица должна иметь те же столбцы, что и целевая, и никаких других; более того, должны совпадать и типы столбцов. Кроме того, в ней должны быть те же ограничения `NOT NULL` и `CHECK`, что и в целевой таблице. Ограничения `FOREIGN KEY` в настоящее время не учитываются. Если какое-либо из ограничений `CHECK` присоединяемой таблицы помечено как `NO INHERIT`, команда выдаст ошибку; такое ограничение нужно будет пересоздать без предложения `NO INHERIT`.

Если новая секция является обычной таблицей, для проверки, не нарушает ли какая-либо строка в таблице ограничение секции, производится полное сканирование таблицы. Такого сканирования можно избежать, добавив перед выполнением этой команды в таблицу действующее ограничение `CHECK`, допускающее только такие строки, которые удовлетворяют задаваемому ограничению секции. Однако это не будет работать, если какие-либо ключи разбиения являются выражениями и секция не принимает значения `NULL`. При присоединении секции по списку,

не принимающей значения `NULL`, также добавьте ограничение `NOT NULL` в столбец ключа разбиения, если это не выражение.

Если новая секция является сторонней таблицей, никакая проверка, удовлетворяют ли все строки сторонней таблицы ограничению секции, не выполняется. (Обсуждение ограничений сторонней таблицы вы можете найти в `CREATE FOREIGN TABLE`.)

Когда у таблицы есть секция по умолчанию, у данной секции при добавлении новой меняется ограничение секции. Секция по умолчанию не может содержать строки, которые должны быть перенесены в новую секцию, поэтому она будет просканирована и проверена на предмет их отсутствия. Этого сканирования, как и сканирования новой секции, можно избежать, если определить подходящее ограничение `CHECK`. Кроме того, сканирование этой секции, как и новой, всегда пропускается, когда данная секция является сторонней таблицей.

`DETACH PARTITION имя_секции`

Эта форма отсоединяет заданную секцию от целевой таблицы. Отсоединяемая секция продолжит существовать как отдельная таблица, но более не будет иметь никаких связей с таблицей, от которой была отсоединена. Все индексы, которые были присоединены к индексам целевой таблицы, отсоединяются.

Все виды `ALTER TABLE`, действующие на одну таблицу, кроме `RENAME`, `SET SCHEMA`, `ATTACH PARTITION` и `DETACH PARTITION` можно объединить в список множественных изменений и применить вместе. Например, можно добавить несколько столбцов и/или изменить тип столбцов в одной команде. Это особенно полезно для больших таблиц, так как вся таблица обрабатывается за один проход.

Выполнить `ALTER TABLE` может только владелец соответствующей таблицы. Чтобы сменить схему или табличное пространство таблицы, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме или табличном пространстве. Чтобы сделать таблицу потомком другой таблицы, нужно быть владельцем и родительской таблицы. Также, чтобы подсоединить таблицу к другой в качестве секции, необходимо быть владельцем подсоединяемой таблицы. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме таблицы. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать таблицу. Однако суперпользователь может сменить владельца таблицы в любом случае.) Чтобы добавить столбец, сменить тип столбца или применить предложение `OF`, необходимо также иметь право `USAGE` для соответствующего типа данных.

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы, подлежащей изменению. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, изменяется только заданная таблица. Без `ONLY` изменяется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что изменению подлежат все дочерние таблицы.

имя_столбца

Имя нового или существующего столбца.

новое_имя_столбца

Новое имя существующего столбца.

новое_имя

Новое имя таблицы.

тип_данных

Тип данных нового столбца или новый тип данных существующего столбца.

ограничение_таблицы

Новое ограничение таблицы.

имя_ограничения

Имя нового или существующего ограничения.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от удаляемого столбца или ограничения (например, представления, содержащие этот столбец), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении столбца или ограничения, если существуют зависящие от них объекты. Это поведение по умолчанию.

имя_триггера

Имя включаемого или отключаемого триггера.

ALL

Отключить или включить все триггеры, принадлежащие таблице. (Для этого требуются права суперпользователя, если в числе этих триггеров оказываются сгенерированные внутрисистемные триггеры исключений, например те, что реализуют ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и исключений.)

USER

Отключить или включить все триггеры, принадлежащие таблице, за исключением сгенерированных внутрисистемных триггеров исключений, например, тех, что реализуют ограничения внешнего ключа или отложенные ограничения уникальности и исключений.

имя_индекса

Имя существующего индекса.

параметр_хранения

Имя параметра хранения таблицы

значение

Новое значение параметра хранения таблицы. Это может быть число или строка, в зависимости от параметра.

таблица_родитель

Родительская таблица, с которой будет установлена или разорвана связь данной таблицы.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем таблицы.

новое_табл_пространство

Имя табличного пространства, в которое будет перемещена таблица.

новая_схема

Имя схемы, в которую будет перемещена таблица.

имя_секции

Имя таблицы, подсоединяемой в качестве новой секции, или наоборот, отсоединяемой от данной таблицы.

указание_границ_секции

Указание границ для новой секции. Подробнее синтаксис этого указания рассматривается в описании CREATE TABLE.

Замечания

Ключевое слово COLUMN не несёт смысловой нагрузки и может быть опущено.

Когда конструкция ADD COLUMN добавляет столбец и для него задано неизменяемое выражение DEFAULT, значение по умолчанию вычисляется во время выполнения оператора и сохраняется в метаданных таблицы. Это значение затем будет использовано в качестве содержимого столбца для всех существующих строк. Если указание DEFAULT отсутствует, столбец будет содержать NULL. В обоих случаях перезапись таблицы не требуется.

Добавление столбца с изменяемым выражением DEFAULT или изменение типа существующего столбца влечёт за собой перезапись всей таблицы и её индексов. Но возможно исключение при смене типа существующего столбца: если предложение USING не меняет содержимое столбца и старый тип двоично приводится к новому или является неограниченным доменом поверх нового типа, то перезапись таблицы не требуется, хотя все индексы с затронутыми столбцами всё же требуется перестроить. При добавлении или удалении системного столбца oid также необходима перезапись всей таблицы. Перестроение больших таблиц и/или их индексов может быть весьма длительной процедурой, которая при этом временно требует вдвое больше места на диске.

Добавление ограничений CHECK или NOT NULL влечёт за собой необходимость просканировать таблицу, чтобы проверить, что все существующие строки удовлетворяют ограничению, но перезаписывать таблицу при этом не требуется.

Подобным образом, при присоединении новой секции может производиться её сканирование для проверки, соответствуют ли существующие строки ограничению секции.

Возможность объединения множества изменений в одну команду ALTER TABLE полезна в основном тем, что позволяет совместить сканирования и перезаписи таблицы, требуемые этим операциям, и выполнить их за один проход.

Форма DROP COLUMN не удаляет столбец физически, а просто делает его невидимым для операций SQL. При последующих операциях добавления или изменения в этот столбец будет записываться значение NULL. Таким образом, удаление столбца выполняется быстро, но при этом размер таблицы на диске не уменьшается, так как пространство, занимаемое удалённым столбцом, не высвобождается. Это пространство будет освобождено со временем, по мере изменения существующих строк. (При удалении системного столбца oid это поведение не наблюдается, так как немедленно выполняется перезапись таблицы.)

Чтобы принудительно высвободить пространство, занимаемое столбцом, который был удалён, можно выполнить одну из форм ALTER TABLE, производящих перезапись всей таблицы. В результате все строки будут воссозданы так, что в удалённом столбце будет содержаться NULL.

Перезаписывающие формы ALTER TABLE небезопасны с точки зрения MVCC. После перезаписи таблица будет выглядеть пустой для параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным до момента перезаписи. За подробностями обратитесь к Разделу 13.5.

В указании USING предложения SET DATA TYPE на самом деле можно записать выражение со старыми значениями строки; то есть, оно может ссылаться как на преобразуемые столбцы, так и на другие. Это позволяет записывать в SET DATA TYPE очень общие преобразования данных. Ввиду такой гибкости, выражение USING не применяется к значению по умолчанию данного столбца (если таковое есть); результат может быть не константным выражением, что требуется для значения по

умолчанию. Это означает, что в случае отсутствия явного приведения или присваивания старого типа новому, `SET DATA TYPE` может не справиться с преобразованием значения по умолчанию, несмотря на то, что применяется предложение `USING`. В этих случаях нужно удалить значение по умолчанию с помощью `DROP DEFAULT`, выполнить `ALTER TYPE`, а затем с помощью `SET DEFAULT` задать новое подходящее значение по умолчанию. Подобные соображения применимы и в отношении индексов и ограничений с этим столбцом.

Если у таблицы имеются дочерние таблицы, то добавлять, переименовывать столбцы или менять их тип в родительской таблице, не повторяя ту же операцию в дочерних таблицах, нельзя. Это правило гарантирует, что столбцы в дочерних таблицах всегда соответствуют родительской. Подобным образом, нельзя переименовать ограничение `CHECK` в родительской таблице, не переименовывая его во всех дочерних таблицах, что тоже гарантирует соответствие всех ограничений `CHECK`. (Однако это не касается ограничений, построенных на индексах.) И так как выборка из родительской таблицы влечёт за собой выборку из всех потомков, ограничение родителя не может быть помечено как действующее, если оно также не является действующим в потомках. Во всех этих случаях команда `ALTER TABLE ONLY` не будет выполнена.

Рекурсивная операция `DROP COLUMN` удалит столбец из дочерней таблицы, только если этот столбец не наследуется от каких-то других родителей и никогда не был определён в дочерней таблице независимо. Нерекурсивная операция `DROP COLUMN` (т. е., `ALTER TABLE ONLY ... DROP COLUMN`) никогда не удаляет унаследованные столбцы; вместо этого она помечает их как независимо определённые, а не наследуемые. С секционированной таблицей нерекурсивная команда `DROP COLUMN` выдаст ошибку, так как все секции таблицы должны содержать те же столбцы, что и главная таблица.

Действия для столбцов идентификации (`ADD GENERATED`, `SET` и т. д., `DROP IDENTITY`), а также действия `TRIGGER`, `CLUSTER`, `OWNER` и `TABLESPACE` никогда не распространяются рекурсивно на дочерние таблицы; то есть они всегда выполняются так, как будто указано `ONLY`. Операция добавления ограничения выполняется рекурсивно только для ограничений `CHECK`, не помеченных как `NO INHERIT`.

Какие-либо изменения таблиц системного каталога не допускаются.

За более подробным описанием допустимых параметров обратитесь к `CREATE TABLE`. Дополнительно о наследовании можно узнать в Главе 5.

Примеры

Добавление в таблицу столбца типа `varchar`:

```
ALTER TABLE distributors ADD COLUMN address varchar(30);
```

Удаление столбца из таблицы:

```
ALTER TABLE distributors DROP COLUMN address RESTRICT;
```

Изменение типов двух существующих столбцов в одной операции:

```
ALTER TABLE distributors
  ALTER COLUMN address TYPE varchar(80),
  ALTER COLUMN name TYPE varchar(100);
```

Смена типа целочисленного столбца, содержащего время в стиле Unix, на тип `timestamp with time zone` с применением предложения `USING`:

```
ALTER TABLE foo
  ALTER COLUMN foo_timestamp SET DATA TYPE timestamp with time zone
  USING
    timestamp with time zone 'epoch' + foo_timestamp * interval '1 second';
```

То же самое, но в случае, когда у столбца есть значение по умолчанию, не приводимое автоматически к новому типу данных:

```
ALTER TABLE foo
```

```
ALTER COLUMN foo_timestamp DROP DEFAULT,  
ALTER COLUMN foo_timestamp TYPE timestamp with time zone  
USING  
    timestamp with time zone 'epoch' + foo_timestamp * interval '1 second',  
ALTER COLUMN foo_timestamp SET DEFAULT now();
```

Переименование существующего столбца:

```
ALTER TABLE distributors RENAME COLUMN address TO city;
```

Переименование существующей таблицы:

```
ALTER TABLE distributors RENAME TO suppliers;
```

Переименование существующего ограничения:

```
ALTER TABLE distributors RENAME CONSTRAINT zipchk TO zip_check;
```

Добавление в столбец ограничения NOT NULL:

```
ALTER TABLE distributors ALTER COLUMN street SET NOT NULL;
```

Удаление ограничения NOT NULL из столбца:

```
ALTER TABLE distributors ALTER COLUMN street DROP NOT NULL;
```

Добавление ограничения-проверки в таблицу и все её потомки:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(zipcode) = 5);
```

Добавление ограничения-проверки только в таблицу, но не в её потомки:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT zipchk CHECK (char_length(zipcode) = 5) NO  
    INHERIT;
```

(Данное ограничение-проверка не будет наследоваться и будущими потомками тоже.)

Удаление ограничения-проверки из таблицы и из всех её потомков:

```
ALTER TABLE distributors DROP CONSTRAINT zipchk;
```

Удаление ограничения-проверки только из самой таблицы:

```
ALTER TABLE ONLY distributors DROP CONSTRAINT zipchk;
```

(Ограничение-проверка остаётся во всех дочерних таблицах.)

Добавление в таблицу ограничения внешнего ключа:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT distfk FOREIGN KEY (address) REFERENCES  
    addresses (address);
```

Добавление в таблицу ограничения внешнего ключа с наименьшим влиянием на работу других:

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT distfk FOREIGN KEY (address) REFERENCES  
    addresses (address) NOT VALID;  
ALTER TABLE distributors VALIDATE CONSTRAINT distfk;
```

Добавление в таблицу ограничения уникальности (по нескольким столбцам):

```
ALTER TABLE distributors ADD CONSTRAINT dist_id_zipcode_key UNIQUE (dist_id, zipcode);
```

Добавление в таблицу первичного ключа с автоматическим именем (учтите, что в таблице может быть только один первичный ключ):

```
ALTER TABLE distributors ADD PRIMARY KEY (dist_id);
```

Перемещение таблицы в другое табличное пространство:

```
ALTER TABLE distributors SET TABLESPACE fasttablespace;
```

Перемещение таблицы в другую схему:

```
ALTER TABLE myschema.distributors SET SCHEMA yourschema;
```

Пересоздание ограничения первичного ключа без блокировки изменений в процессе перестроения индекса:

```
CREATE UNIQUE INDEX CONCURRENTLY dist_id_temp_idx ON distributors (dist_id);
ALTER TABLE distributors DROP CONSTRAINT distributors_pkey,
    ADD CONSTRAINT distributors_pkey PRIMARY KEY USING INDEX dist_id_temp_idx;
```

Присоединение секции к таблице, разбиваемой по диапазонам:

```
ALTER TABLE measurement
    ATTACH PARTITION measurement_y2016m07 FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO
    ('2016-08-01');
```

Присоединение секции к таблице, разбиваемой по списку:

```
ALTER TABLE cities
    ATTACH PARTITION cities_ab FOR VALUES IN ('a', 'b');
```

Присоединение секции к таблице, разбиваемой по хешу:

```
ALTER TABLE orders
    ATTACH PARTITION orders_p4 FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 3);
```

Присоединение секции по умолчанию к секционированной таблице:

```
ALTER TABLE cities
    ATTACH PARTITION cities_partdef DEFAULT;
```

Удаление секции из секционированной таблицы:

```
ALTER TABLE measurement
    DETACH PARTITION measurement_y2015m12;
```

Совместимость

Формы ADD (без USING INDEX), DROP [COLUMN], DROP IDENTITY, RESTART, SET DEFAULT, SET DATA TYPE (без USING), SET GENERATED и SET *параметр_последовательности* соответствуют стандарту SQL. Другие формы являются расширениями стандарта SQL, реализованными в PostgreSQL. Кроме того, расширением является возможность указать в одной команде ALTER TABLE несколько операций изменения.

ALTER TABLE DROP COLUMN позволяет удалить единственный столбец таблицы и оставить таблицу без столбцов. Это является расширением стандарта SQL, который не допускает существование таблиц с нулём столбцов.

См. также

CREATE TABLE

ALTER TABLESPACE

ALTER TABLESPACE — изменить определение табличного пространства

Синтаксис

```
ALTER TABLESPACE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TABLESPACE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER TABLESPACE имя SET ( параметр_табличного_пространства = значение [, ... ] )
ALTER TABLESPACE имя RESET ( параметр_табличного_пространства [, ... ] )
```

Описание

ALTER TABLESPACE может применяться для изменения определения табличного пространства.

Чтобы изменить определение табличного пространства, нужно быть его владельцем. Чтобы сменить владельца, нужно быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца. (Заметьте, что суперпользователи наделяются этими правами автоматически.)

Параметры

имя

Имя существующего табличного пространства.

новое_имя

Новое имя табличного пространства. Новое имя не может начинаться с pg_, так как такие имена зарезервированы для системных табличных пространств.

новый_владелец

Новый владелец табличного пространства.

параметр_табличного_пространства

Устанавливаемый или сбрасываемый параметр табличного пространства. В настоящее время поддерживаются только параметры `seq_page_cost`, `random_page_cost` и `effective_io_concurrency`. При установке этих значений для заданного табличного пространства будет переопределена обычная оценка стоимости чтения страниц из таблиц в этом пространстве, настраиваемая одноимённым параметром конфигурации (см. `seq_page_cost`, `random_page_cost`, `effective_io_concurrency`). Это может быть полезно, если одно из табличных пространств размещено на диске, который быстрее или медленнее остальной дисковой системы.

Примеры

Переименование табличного пространства `index_space` в `fast_raid`:

```
ALTER TABLESPACE index_space RENAME TO fast_raid;
```

Смена владельца табличного пространства `index_space`:

```
ALTER TABLESPACE index_space OWNER TO mary;
```

Совместимость

Оператор ALTER TABLESPACE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TABLESPACE, DROP TABLESPACE

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION — изменить определение конфигурации текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ADD MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] WITH имя_словаря [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] WITH имя_словаря [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING REPLACE старый_словарь WITH новый_словарь
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    ALTER MAPPING FOR тип_фрагмента [, ... ] REPLACE старый_словарь WITH новый_словарь
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя
    DROP MAPPING [ IF EXISTS ] FOR тип_фрагмента [, ... ]
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя RENAME TO новое_имя
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |
    SESSION_USER }
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION изменяет определение конфигурации текстового поиска. Эта команда позволяет настроить сопоставления типов фрагментов со словарями или сменить владельца или имя конфигурации.

Выполнить ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION может только владелец соответствующей конфигурации.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей конфигурации текстового поиска.

тип_фрагмента

Имя типа фрагмента, выдаваемое при разборе конфигурации.

имя_словаря

Имя словаря текстового поиска, в котором будет искаться указанный тип фрагмента. Если указаны несколько словарей, они просматриваются в порядке перечисления.

старый_словарь

Имя словаря текстового поиска, которое будет заменено в сопоставлении.

новый_словарь

Имя словаря текстового поиска, которое будет подставлено там, где был *старый_словарь*.

новое_имя

Новое имя конфигурации текстового поиска.

новый_владелец

Новый владелец конфигурации текстового поиска.

Новая_схема

Новая схема конфигурации текстового поиска.

Форма `ADD MAPPING FOR` настраивает список словарей, которые будут просматриваться в поиске указанных типов фрагментов; если сопоставление для каких-либо типов уже задано, возникнет ошибка. Форма `ALTER MAPPING FOR` делает то же самое, но она сначала удаляет существующее сопоставление для этих типов фрагментов. Формы `ALTER MAPPING REPLACE` подставляют *новый_словарь* вместо *старый_словарь* везде, где упоминается последний. Это выполняется только для указанных типов фрагментов, когда присутствует `FOR`, либо для всех сопоставлений в конфигурации в противном случае. Форма `DROP MAPPING` удаляет все словари для заданных типов фрагментов, в результате чего фрагменты этих типов будут игнорироваться конфигурацией. Если сопоставлений для заданных типов фрагментов нет, возникает ошибка, если только не добавлено указание `IF EXISTS`.

Примеры

В следующем примере словарь `english` заменяется на `swedish` везде, где использовался `english` в конфигурации `my_config`.

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION my_config  
ALTER MAPPING REPLACE english WITH swedish;
```

Совместимость

Оператор `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION`, `DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION`

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY — изменить определение словаря текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя (  
    параметр [ = значение ] [, ... ]  
)  
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя RENAME TO новое_имя  
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER |  
    SESSION_USER }  
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY изменяет определение словаря текстового поиска. Эта команда позволяет изменить параметры словаря, связанные с шаблонами, или сменить владельца или имя словаря.

Выполнить ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY может только владелец словаря.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего словаря текстового поиска.

параметр

Имя параметра шаблона, устанавливаемого для данного словаря.

значение

Новое значение для параметра настройки шаблонов. Если знак равно и значение опущено, предыдущее значение параметра удаляется из словаря, что позволяет вернуться к значению по умолчанию.

новое_имя

Новое имя словаря текстового поиска.

новый_владелец

Новый владелец словаря текстового поиска.

новая_схема

Новая схема словаря текстового поиска.

Параметры настройки шаблонов могут перечисляться в любом порядке.

Примеры

Команда в следующем примере меняет список стоп-слов словаря на базе Snowball. Другие параметры остаются неизменными.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( StopWords = newrussian );
```

Команда в следующем примере меняет параметр, определяющий язык, на dutch, и удаляет параметр, задающий список стоп-слов.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( language = dutch, StopWords );
```


Следующая команда «изменяет» определение словаря, на самом деле не меняя ничего.

```
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY my_dict ( dummy );
```

(Это работает потому, что код удаления параметра не считает ошибкой отсутствие такого параметра.) Этот трюк может быть полезен при изменении файлов конфигурации словаря; ALTER принудит все существующие сеансы перечитать файлы конфигурации, что в противном случае они не сделают никогда, если прочитали конфигурацию ранее.

Совместимость

Оператор ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY, DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

ALTER TEXT SEARCH PARSER

ALTER TEXT SEARCH PARSER — изменить определение анализатора текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH PARSER имя RENAME TO новое_имя  
ALTER TEXT SEARCH PARSER имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER TEXT SEARCH PARSER изменяет определение анализатора текстового поиска. В настоящее время эта команда позволяет только сменить его имя.

Выполнить ALTER TEXT SEARCH PARSER может только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего анализатора текстового поиска.

новое_имя

Новое имя анализатора текстового поиска.

новая_схема

Новая схема анализатора текстового поиска.

Совместимость

Оператор ALTER TEXT SEARCH PARSER отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH PARSER, DROP TEXT SEARCH PARSER

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE — изменить определение шаблона текстового поиска

Синтаксис

```
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE имя RENAME TO новое_имя  
ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE имя SET SCHEMA новая_схема
```

Описание

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE изменяет определение шаблона текстового поиска. В настоящее время эта команда позволяет только сменить его имя.

Выполнить команду ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE может только суперпользователь.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего шаблона текстового поиска.

новое_имя

Новое имя шаблона текстового поиска.

новая_схема

Новая схема шаблона текстового поиска.

Совместимость

Оператор ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE, DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

ALTER TRIGGER

ALTER TRIGGER — изменить определение триггера

Синтаксис

```
ALTER TRIGGER имя ON имя_таблицы RENAME TO новое_имя  
ALTER TRIGGER имя ON имя_таблицы DEPENDS ON EXTENSION имя_расширения
```

Описание

ALTER TRIGGER меняет свойства существующего триггера. Предложение RENAME переименовывает данный триггер, не затрагивая его определение. Предложение DEPENDS ON EXTENSION помечает триггер как зависимый от расширения, так что при удалении расширения будет автоматически удаляться и триггер.

Изменять свойства триггера может только владелец таблицы, с которой работает триггер.

Параметры

имя

Имя существующего триггера, подлежащего изменению.

имя_таблицы

Имя таблицы, с которой работает триггер.

новое_имя

Новое имя триггера.

имя_расширения

Имя расширения, от которого будет зависеть триггер.

Замечания

Возможность временно включать или отключать триггер предоставляется командой ALTER TABLE, а не ALTER TRIGGER, так как ALTER TRIGGER не позволяет удобным образом выразить указание включить или отключить все триггеры таблицы сразу.

Примеры

Переименование существующего триггера:

```
ALTER TRIGGER emp_stamp ON emp RENAME TO emp_track_chgs;
```

Обозначение триггера как зависимого от расширения:

```
ALTER TRIGGER emp_stamp ON emp DEPENDS ON EXTENSION emplib;
```

Совместимость

ALTER TRIGGER — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

ALTER TABLE

ALTER TYPE

ALTER TYPE — изменить определение типа

Синтаксис

```
ALTER TYPE имя действие [, ... ]
ALTER TYPE имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER TYPE имя RENAME ATTRIBUTE имя_атрибута TO новое_имя_атрибута [ CASCADE |
RESTRIC ]
ALTER TYPE имя RENAME TO новое_имя
ALTER TYPE имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER TYPE имя ADD VALUE [ IF NOT EXISTS ] новое_значение_перечисления [ { BEFORE |
AFTER } соседнее_значение_перечисления ]
ALTER TYPE имя RENAME VALUE существующее_значение_перечисления
TO новое_значение_перечисления
```

Где *действие* может быть следующим:

```
ADD ATTRIBUTE имя_атрибута тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [ CASCADE |
RESTRIC ]
DROP ATTRIBUTE [ IF EXISTS ] имя_атрибута [ CASCADE | RESTRIC ]
ALTER ATTRIBUTE имя_атрибута [ SET DATA ] TYPE тип_данных
[ COLLATE правило_сортировки ] [ CASCADE | RESTRIC ]
```

Описание

ALTER TYPE изменяет определение существующего типа. Эта команда имеет несколько разновидностей:

ADD ATTRIBUTE

Эта форма добавляет в составной тип новый атрибут с тем же синтаксисом, что и CREATE TYPE.

DROP ATTRIBUTE [IF EXISTS]

Эта форма удаляет атрибут из составного типа. Если указано IF EXISTS и атрибут не существует, это не считается ошибкой. В этом случае выдаётся только замечание.

SET DATA TYPE

Эта форма меняет тип атрибута составного типа.

OWNER

Эта форма меняет владельца типа.

RENAME

Эта форма меняет имя типа или имя отдельного атрибута составного типа.

SET SCHEMA

Эта форма переносит тип в другую схему.

ADD VALUE [IF NOT EXISTS] [BEFORE | AFTER]

Эта форма добавляет новое значение в тип-перечисление. Порядок нового значения в перечислении можно указать, добавив BEFORE (перед) или AFTER (после) с одним из существующих значений. Если такое указание отсутствует, новый элемент добавляется в конец списка значений.

С указанием `IF NOT EXISTS`, если тип уже содержит новое значение, ошибки не произойдёт: будет выдано замечание и ничего больше. Без этого указания, если такое значение уже представлено, возникнет ошибка.

RENAME VALUE

Эта форма переименовывает значение в типе-перечислении. Позиция значения в порядке перечисления при этом не меняется. Если это значение отсутствует или в перечислении уже есть новое имя, выдаётся ошибка.

Операции `ADD ATTRIBUTE`, `DROP ATTRIBUTE` и `ALTER ATTRIBUTE` можно объединить в один список множественных изменений для параллельного выполнения. Например, в одной команде можно добавить сразу несколько атрибутов и/или изменить тип нескольких атрибутов.

Выполнить `ALTER TYPE` может только владелец соответствующего типа. Чтобы сменить схему типа, необходимо также иметь право `CREATE` в новой схеме. Чтобы сменить владельца, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом новой роли-владельца, а эта роль должна иметь право `CREATE` в схеме типа. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать тип. Однако суперпользователь может сменить владельца типа в любом случае.) Чтобы добавить атрибут или изменить тип атрибута, также требуется иметь право `USAGE` для соответствующего типа данных.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего типа, подлежащего изменению.

новое_имя

Новое имя типа.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем типа.

новая_схема

Новая схема типа.

имя_атрибута

Имя атрибута, подлежащего добавлению, изменению или удалению.

новое_имя_атрибута

Новое имя атрибута

тип_данных

Тип данных добавляемого атрибута, либо новый тип данных изменяемого атрибута.

новое_значение_перечисления

Новое значение добавляется в список значений перечисления или для существующего значения задаётся новое имя. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

соседнее_значение_перечисления

Существующее значение в перечислении, непосредственно перед или после которого по порядку перечисления будет добавлено новое значение. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

существующее_значение_перечисления

Существующее значение в перечислении, которое будет переименовано. Как и все элементы перечисления, оно должно заключаться в кавычки.

CASCADE

Автоматически распространять действие операции на типизированные таблицы, имеющий данный тип, и их потомки.

RESTRICT

Отказать в выполнении операции, если изменяемый тип является типом типизированной таблицы. Это поведение по умолчанию.

Замечания

`ALTER TYPE ... ADD VALUE` (форму, добавляющую в тип-перечисление новое значение) нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Сравнения с добавленными значениями перечисления иногда бывают медленнее сравнений, в которых задействуются только начальные члены типа-перечисления. Обычно это происходит, только если `BEFORE` или `AFTER` устанавливает порядок нового элемента не в конце списка. Однако, иногда это наблюдается даже тогда, когда новое значение добавляется в конец списка (это происходит, если счётчик `OID` «прокручивается» с момента изначального создания типа-перечисления). Это замедление обычно несущественное, но если это важно, вернуть максимальную производительность можно, удалив и создав заново это перечисление, либо выгрузив копию базы данных и загрузив её вновь.

Примеры

Переименование типа данных:

```
ALTER TYPE electronic_mail RENAME TO email;
```

Смена владельца типа `email` на `joe`:

```
ALTER TYPE email OWNER TO joe;
```

Смена схемы типа `email` на `customers`:

```
ALTER TYPE email SET SCHEMA customers;
```

Добавление в тип нового атрибута:

```
ALTER TYPE compfoo ADD ATTRIBUTE f3 int;
```

Добавление нового значения в тип-перечисление, в определённое положение по порядку:

```
ALTER TYPE colors ADD VALUE 'orange' AFTER 'red';
```

Переименование значения в перечислении:

```
ALTER TYPE colors RENAME VALUE 'purple' TO 'mauve';
```

Совместимость

Формы команды, предназначенные для добавления и удаления атрибутов, являются частью стандарта SQL; другие формы относятся к расширениям PostgreSQL.

См. также

`CREATE TYPE`, `DROP TYPE`

ALTER USER

ALTER USER — изменить роль в базе данных

Синтаксис

```
ALTER USER указание_роли [ WITH ] параметр [ ... ]
```

Здесь *параметр*:

```
SUPERUSER | NOSUPERUSER
| CREATEDB | NOCREATEDB
| CREATEROLE | NOCREATEROLE
| INHERIT | NOINHERIT
| LOGIN | NOLOGIN
| REPLICATION | NOREPLICATION
| BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
| CONNECTION LIMIT предел_подключений
| [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'
| VALID UNTIL 'дата_время'
```

```
ALTER USER имя RENAME TO новое_имя
```

```
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
{ TO | = } { значение | DEFAULT }
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] SET параметр_конфигурации
FROM CURRENT
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET параметр_конфигурации
ALTER USER { указание_роли | ALL } [ IN DATABASE имя_бд ] RESET ALL
```

Здесь *указание_роли*:

```
имя_роли
| CURRENT_USER
| SESSION_USER
```

Описание

Оператор ALTER USER теперь стал синонимом оператора ALTER ROLE.

Совместимость

Оператор ALTER USER является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

ALTER ROLE

ALTER USER MAPPING

ALTER USER MAPPING — изменить определение сопоставления пользователей

Синтаксис

```
ALTER USER MAPPING FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER | SESSION_USER |  
PUBLIC }  
    SERVER имя_сервера  
    OPTIONS ( [ ADD | SET | DROP ] параметр ['значение'] [, ... ] )
```

Описание

ALTER USER MAPPING изменяет определение сопоставления пользователей.

Владелец стороннего сервера может изменить сопоставление любых пользователей на этом сервере. Кроме того, пользователь может изменить сопоставление для своего собственного имени пользователя, если он наделён правом USAGE на данном сервере.

Параметры

имя_пользователя

Имя пользователя для сопоставления. Значения CURRENT_USER и USER соответствуют имени текущего пользователя. Значение PUBLIC соответствует именам всех текущих и будущих пользователей системы.

имя_сервера

Имя сервера, для которого меняется сопоставление пользователей.

OPTIONS ([ADD | SET | DROP] *параметр* ['*значение*'] [, ...])

Эти формы меняют параметры сопоставления пользователей. Новые параметры переопределяют любые определённые ранее. Возможные операции с параметрами: ADD (добавить), SET (установить) и DROP (удалить). По умолчанию подразумевается ADD. Имена параметров должны быть уникальными; кроме того, они проверяются обёрткой сторонних данных.

Примеры

Изменение пароля в сопоставлении пользователя bob на сервере foo:

```
ALTER USER MAPPING FOR bob SERVER foo OPTIONS (SET password 'public');
```

Совместимость

ALTER USER MAPPING соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Однако есть небольшое синтаксическое различие: в стандарте ключевое слово FOR опускается. Но так как и в CREATE USER MAPPING, и в DROP USER MAPPING слово FOR находится в аналогичных позициях, а IBM DB2 (ещё одна популярная реализация SQL/MED) требует его и для ALTER USER MAPPING, PostgreSQL в этом аспекте отклоняется от стандарта ради согласованности и совместимости.

См. также

CREATE USER MAPPING, DROP USER MAPPING

ALTER VIEW

ALTER VIEW — изменить определение представления

Синтаксис

```
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] имя_столбца SET DEFAULT выражение
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя ALTER [ COLUMN ] имя_столбца DROP DEFAULT
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя OWNER TO { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER }
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя RENAME TO новое_имя
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя SET SCHEMA новая_схема
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя SET ( имя_параметра_представления
    [= значение_параметра_представления] [, ... ] )
ALTER VIEW [ IF EXISTS ] имя RESET ( имя_параметра_представления [, ... ] )
```

Описание

ALTER VIEW изменяет различные дополнительные свойства представления. (Для изменения запроса, определяющего представление, используйте команду CREATE OR REPLACE VIEW.)

Выполнить ALTER VIEW может только владелец представления. Чтобы сменить схему представления, необходимо также иметь право CREATE в новой схеме. Чтобы сменить владельца, требуется также быть непосредственным или опосредованным членом новой роли, а эта роль должна иметь право CREATE в схеме представления. (С такими ограничениями при смене владельца не происходит ничего такого, что нельзя было бы сделать, имея право удалить и вновь создать представление. Однако суперпользователь может сменить владельца представления в любом случае.)

Параметры

имя

Имя существующего представления (возможно, дополненное схемой).

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

SET/DROP DEFAULT

Эти формы устанавливают или удаляют значение по умолчанию в заданном столбце. Значение по умолчанию подставляется в команды INSERT и UPDATE, вносящие данные в представление, до применения каких-либо правил или триггеров в этом представлении. Таким образом, значения по умолчанию в представлении имеют приоритет перед значениями по умолчанию в нижележащих отношениях.

новый_владелец

Имя пользователя, назначаемого новым владельцем представления.

новое_имя

Новое имя представления.

новая_схема

Новая схема представления.

SET (*имя_параметра_представления* [= *значение_параметра_представления*] [, ...])

RESET (*имя_параметра_представления* [, ...])

Устанавливает или сбрасывает параметры представления. В настоящее время поддерживаются параметры:

`check_option (string)`

Изменяет параметр проверки представления. Допустимые значения: `local` (локальная) или `cascaded` (каскадная).

`security_barrier (boolean)`

Изменяет свойство представления, включающее барьер безопасности. Значение должно быть логическим: `true` или `false`.

Замечания

По историческим причинам команду `ALTER TABLE` можно использовать и с представлениями; но единственно допустимые для работы с представлениями вариации `ALTER TABLE` равносильны вышеперечисленным командам.

Примеры

Переименование представления `foo` в `bar`:

```
ALTER VIEW foo RENAME TO bar;
```

Добавление значения столбца по умолчанию в изменяемое представление:

```
CREATE TABLE base_table (id int, ts timestamptz);
CREATE VIEW a_view AS SELECT * FROM base_table;
ALTER VIEW a_view ALTER COLUMN ts SET DEFAULT now();
INSERT INTO base_table(id) VALUES(1); -- в ts окажется значение NULL
INSERT INTO a_view(id) VALUES(2); -- в ts окажется текущее время
```

Совместимость

`ALTER VIEW` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

`CREATE VIEW`, `DROP VIEW`

ANALYZE

ANALYZE — собрать статистику по базе данных

Синтаксис

```
ANALYZE [ ( параметр [, ...] ) ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]  
ANALYZE [ VERBOSE ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]
```

Здесь допускается *параметр*:

VERBOSE

и *таблица_и_столбцы*:

имя_таблицы [(*имя_столбца* [, ...])]

Описание

ANALYZE собирает статистическую информацию о содержимом таблиц в базе данных и сохраняет результаты в системном каталоге `pg_statistic`. Впоследствии планировщик запросов будет использовать эту статистику для выбора наиболее эффективных планов выполнения запросов.

Без списка *таблица_и_столбцы* команда ANALYZE обрабатывает все таблицы и материализованные представления в текущей базе данных, на анализ которых текущий пользователь имеет право. Со списком ANALYZE обрабатывает только указанные в нём таблицы. Дополнительно можно задать для таблицы список имён столбцов, в этом случае статистика будет собираться только по этим столбцам.

Когда список параметров заключается в скобки, параметры могут быть записаны в любом порядке. Синтаксис со скобками появился в PostgreSQL 11; вариант записи без скобок считается устаревшим.

Параметры

VERBOSE

Включает вывод сообщений о процессе выполнения.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) определённой таблицы, подлежащей анализу. Если опущено, анализироваться будут все обычные и секционированные таблицы, а также материализованные представления в текущей базе данных (но не сторонние таблицы). Если задано имя секционированной таблицы, обновлена будет как статистика наследования для этой таблицы, так и статистика отдельных её секций.

имя_столбца

Имя столбца, подлежащего анализу. По умолчанию анализируются все столбцы.

Выводимая информация

С указанием *VERBOSE* команда ANALYZE выдаёт сообщения о процессе анализа, отмечая текущую обрабатываемую таблицу. Также она выводит различные статистические сведения о таблицах.

Замечания

Сторонние таблицы анализируются только при явном указании и только если соответствующая обёртка сторонних данных поддерживает команду ANALYZE. Если эта команда не поддерживается, при выполнении ANALYZE выводится предупреждение и больше ничего не происходит.

В стандартной конфигурации PostgreSQL работающий демон автоочистки (см. Подраздел 24.1.6) запускает анализ таблиц автоматически, когда они изначально заполняются данными, и периодически, по мере того, как они меняются. Если автоочистка отключена, рекомендуется запускать ANALYZE время от времени, либо после кардинальных изменений в таблице. Точная статистика помогает планировщику выбрать наиболее эффективный план запроса и тем самым увеличивает скорость выполнения запроса. Обычно для баз, где данные в основном читаются, выполняют VACUUM и ANALYZE раз в день, во время наименьшей активности. (Этого будет недостаточно, если данные меняются очень активно.)

ANALYZE запрашивает для целевой таблицы блокировку только на чтение, так что эта команда может выполняться параллельно с другими операциями с таблицей.

Статистика, собираемая командой ANALYZE, обычно включает список из нескольких самых частых значений в каждом столбце и гистограмму, отражающую примерное распределение данных во всех столбцах. Один или оба этих элемента статистики могут быть опущены, если ANALYZE сочтёт их неинтересными (например, в столбце уникального ключа нет повторяющихся значений), либо если тип данных столбца не поддерживает соответствующие операторы. Более подробно статистика описывается в Главе 24.

В больших таблицах ANALYZE не просматривает все строки, а обрабатывает только небольшую случайную выборку. Это позволяет проанализировать за короткое время даже очень большие таблицы. Однако учтите, что такая статистика будет лишь приблизительной и может немного меняться при каждом выполнении ANALYZE, даже если фактическое содержимое таблицы остаётся неизменным. Это может приводить к небольшим изменениям в оценках стоимости запросов, выводимых командой EXPLAIN. В редких случаях вследствие этой недетерминированности планировщик меняет свой выбор после выполнения ANALYZE. Чтобы избежать этого, увеличьте объём статистики, собираемой командой ANALYZE, как описано ниже.

Количеством статистики можно управлять, настраивая конфигурационную переменную `default_statistics_target` или устанавливая ориентир статистики на уровне столбцов командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN ... SET STATISTICS` (см. ALTER TABLE). Ориентир задаёт максимальное число записей в списке наиболее распространённых значений и максимальное число интервалов в гистограмме. По умолчанию значение ориентира равно 100, но его можно увеличить или уменьшить в поисках баланса между точностью оценок планировщика и временем, требующимся для выполнения ANALYZE, а также объёмом статистики в таблице `pg_statistic`. Если установить ориентир статистики равным нулю, статистика по таким столбцам собираться не будет. Это может быть полезно для столбцов, которые никогда не фигурируют в предложениях `WHERE`, `GROUP BY` и `ORDER BY`, так как планировщик никогда не будет использовать их статистику.

Число строк таблицы, выбираемых для подготовки статистики, определяется наибольшим ориентиром статистики по всем анализируемым столбцам этой таблицы. Увеличение ориентира приводит к пропорциональному увеличению времени и пространства, требуемого для выполнения ANALYZE.

Одним из показателей, оцениваемых командой ANALYZE, является число различных значений, встречающихся в каждом столбце. Так как рассматривается только подмножество всех строк, эта оценка иногда может быть весьма неточной, даже при самых больших ориентирах статистики. Если эта неточность приводит к плохому выбору плана запроса, более точное значение можно определить вручную и затем задать его командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN ... SET (n_distinct = ...)` (см. ALTER TABLE).

Если у анализируемой таблицы есть один или несколько потомков, ANALYZE соберёт статистику дважды: сначала по строкам только родительской таблицы, а затем по строкам родительской и всех дочерних таблиц. Второй набор статистики необходим для планирования запросов, обращающихся ко всему дереву наследования. Демон автоочистки, однако, принимая решение об автоматическом запуске анализа, будет учитывать операции добавления или изменения данных только в самой родительской таблице. Если именно в этой таблице изменение и добавление происходит редко, наследуемая статистика может терять актуальность, если не запускать ANALYZE вручную.

Если какие-либо из дочерних таблиц являются сторонними таблицами и их обёртки сторонних данных не поддерживают ANALYZE, эти дочерние таблицы игнорируются при сборе статистики наследования.

Если анализируемая таблица оказалась пустой, ANALYZE не будет обновлять статистику по этой таблице; в базе сохранится статистика, собранная ранее.

Совместимость

Оператор ANALYZE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

VACUUM, vacuumdb, Подраздел 19.4.4, Подраздел 24.1.6

BEGIN

BEGIN — начать блок транзакции

Синтаксис

```
BEGIN [ WORK | TRANSACTION ] [ режим_транзакции [, ...] ]
```

Где *режим_транзакции* может быть следующим:

```
ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ  
UNCOMMITTED }  
READ WRITE | READ ONLY  
[ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

BEGIN начинает блок транзакции, то есть обозначает, что все операторы после команды BEGIN и до явной команды COMMIT или ROLLBACK будут выполняться в одной транзакции. По умолчанию (без BEGIN) PostgreSQL выполняет транзакции в режиме «autocommit» (автофиксация), то есть каждый оператор выполняется в своей отдельной транзакции, которая неявно фиксируется в конце оператора (если оператор был выполнен успешно; в противном случае, транзакция откатывается).

В блоке транзакции операторы выполняются быстрее, так как для запуска/фиксации транзакции производится масса операций, нагружающих процессор и диск. Кроме того, выполнение нескольких операторов в одной транзакции позволяет обеспечить целостность при внесении серии связанных изменений; другие сеансы не видят промежуточное состояние, когда произошли ещё не все связанные изменения.

Если указан уровень изоляции, режим чтения/записи или устанавливается отложенный режим, новая транзакция получает те же характеристики, что и после выполнения SET TRANSACTION.

Параметры

WORK
TRANSACTION

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

За описанием других параметров обратитесь к SET TRANSACTION.

Замечания

START TRANSACTION делает то же, что и BEGIN.

Для завершения блока транзакции используйте COMMIT или ROLLBACK.

При попытке выполнить BEGIN внутри уже начатого блока транзакции будет выдано предупреждение, а состояние транзакции не изменится. Для вложения подтранзакций внутри блока транзакций используйте точки сохранения (см. SAVEPOINT).

Для сохранения обратной совместимости допускается перечисление *режимов_транзакции* без запятых.

Примеры

Начало блока транзакции:

```
BEGIN;
```

Совместимость

BEGIN — это языковое расширение PostgreSQL. Эта команда равнозначна соответствующей стандарту SQL команде START TRANSACTION, на справочной странице которой можно найти дополнительные сведения о совместимости.

Значение DEFERRABLE параметра *режим_транзакции* является языковым расширением PostgreSQL.

По стечению обстоятельств ключевое слово BEGIN имеет другое значение во встраиваемом SQL, поэтому при портировании приложений баз данных рекомендуется внимательно сверить семантику транзакций.

См. также

COMMIT, ROLLBACK, START TRANSACTION, SAVEPOINT

CALL

CALL — вызвать процедуру

Синтаксис

```
CALL имя ( [ аргумент ] [, ...] )
```

Описание

CALL вызывает процедуру.

Если у процедуры есть выходные параметры, возвращается строка результата, содержащая значения этих параметров.

Параметры

имя

Имя процедуры (возможно, дополненное схемой).

аргумент

Входной аргумент вызова процедуры. Подробнее синтаксис вызова процедур и функций, а также использование именованных параметров описывается в Разделе 4.3.

Замечания

Чтобы вызывать процедуру, пользователь должен иметь право EXECUTE для неё.

Для вызова функции (не процедуры) следует использовать SELECT.

Если CALL выполняется в блоке транзакции, вызываемая процедура не может выполнять операторы управления транзакциями. Такие операторы допускаются, только если CALL выполняется в собственной транзакции.

Выходные параметры команд CALL в PL/pgSQL обрабатываются по-другому; см. Подраздел 43.6.3.

Примеры

```
CALL do_db_maintenance();
```

Совместимость

Команда CALL соответствует стандарту SQL.

См. также

CREATE PROCEDURE

CHECKPOINT

CHECKPOINT — произвести контрольную точку в журнале предзаписи

Синтаксис

CHECKPOINT

Описание

Контрольная точка — это момент в последовательности событий в журнале предзаписи, когда все файлы данных приводятся в актуальное состояние, соответствующее информации в журнале. При этом все файлы данных сохраняются на диск. Более подробно о том, что происходит во время контрольной точки, можно узнать в Разделе 30.4.

Команда CHECKPOINT приводит к принудительному выполнению контрольной точки в момент вызова, не дожидаясь периодической контрольной точки, производимой системой по графику (это настраивается параметрами в Подраздел 19.5.2). Команда CHECKPOINT не предназначена для применения при обычном использовании базы данных.

Если CHECKPOINT выполняется в процессе восстановления, вместо записи новой контрольной точки производится точка перезапуска (см. Раздел 30.4).

Выполнять CHECKPOINT могут только суперпользователи.

Совместимость

Команда CHECKPOINT является языковым расширением PostgreSQL.

CLOSE

CLOSE — закрыть курсор

Синтаксис

```
CLOSE { имя | ALL }
```

Описание

CLOSE освобождает ресурсы, связанные с открытым курсором. Когда курсор закрыт, никакие операции с ним невозможны. Закрывать курсор следует, когда он становится ненужным.

Все не удерживаемые открытые курсоры закрываются неявно при завершении транзакции командами COMMIT или ROLLBACK. Удерживаемый курсор закрывается неявно, если транзакция, его создавшая, прерывается командой ROLLBACK. Если создавшая его транзакция завершается успешной фиксацией, удерживаемый курсор остаётся открытым до явного вызова команды CLOSE или отключения клиента.

Параметры

имя

Имя открытого курсора, который будет закрыт.

ALL

Закрывает все открытые курсоры.

Замечания

В PostgreSQL нет явной команды OPEN для курсора; курсор считается открытым при объявлении. Чтобы объявить курсор, используйте оператор DECLARE.

Получить список всех доступных курсоров можно, обратившись к системному представлению pg_cursors.

Если курсор был закрыт после точки сохранения, а затем произошёл откат к этой точке, действие команды CLOSE не отменяется; то есть курсор остаётся закрытым.

Примеры

Следующая команда закрывает курсор liahona:

```
CLOSE liahona;
```

Совместимость

Оператор CLOSE полностью соответствует стандарту SQL. CLOSE ALL является расширением PostgreSQL.

См. также

DECLARE, FETCH, MOVE

CLUSTER

CLUSTER — кластеризовать таблицу согласно индексу

Синтаксис

```
CLUSTER [VERBOSE] имя_таблицы [ USING имя_индекса ]  
CLUSTER [VERBOSE]
```

Описание

Оператор `CLUSTER` указывает PostgreSQL кластеризовать таблицу, заданную параметром *имя_таблицы*, согласно индексу, заданному параметром *имя_индекса*. Указанный индекс уже должен быть определён в таблице *имя_таблицы*.

В результате кластеризации таблицы её содержимое физически переупорядочивается в зависимости от индекса. Кластеризация является одноразовой операцией: последующие изменения в таблице нарушают порядок кластеризации. Другими словами, система не пытается автоматически сохранять порядок новых или изменённых строк в соответствии с индексом. (Если такое желание возникает, можно периодически повторять кластеризацию, выполняя команду снова. Кроме того, если для заданной таблицы установить параметр `FILLFACTOR` меньше 100%, это может помочь сохранить порядок кластеризации при изменениях, так как изменяемые строки будут помещаться в ту же страницу, если в ней достаточно места.)

Когда таблица кластеризована, PostgreSQL запоминает, по какому именно индексу. Форма `CLUSTER имя_таблицы` повторно кластеризует таблицу по тому же индексу. Для установки индекса, который будет использоваться для будущих операций кластеризации, или очистки предыдущего значения можно также применить команду `CLUSTER` или формы `SET WITHOUT CLUSTER` команды `ALTER TABLE`.

`CLUSTER` без параметров повторно кластеризует все ранее кластеризованные таблицы в текущей базе данных, принадлежащие пользователю, вызывающему команду, или все такие таблицы, если её вызывает суперпользователь. Эту форму `CLUSTER` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

В процессе кластеризации таблицы для неё запрашивается блокировка `ACCESS EXCLUSIVE`. Это препятствует выполнению всех других операций (чтению и записи) с таблицей до завершения `CLUSTER`.

Параметры

имя_таблицы

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_индекса

Имя индекса.

VERBOSE

Выводит отчёт о процессе кластеризации по мере обработки таблиц.

Замечания

В случаях, когда происходит обращение к случайным единичным строкам таблицы, фактический порядок данных в этой таблице не важен. Но если обращения к одним данным происходят чаще, чем к другим, и есть индекс, который собирает их вместе, применение команды `CLUSTER` может быть полезным. Например, когда из таблицы запрашивается диапазон индексированных значений, либо одно индексированное значение, которому соответствуют несколько строк, `CLUSTER` может помочь, так как страница таблицы, найденная по индексу для первой искомой строки, скорее всего, будет содержать и все остальные искомые строки. Таким образом, кластеризация помогает оптимизировать обращения к диску и ускорить запросы.

CLUSTER может переупорядочить таблицу, выполнив либо сканирование указанного индекса, либо (для индексов-B-деревьев) последовательное сканирование, а затем сортировку. Наилучший по скорости вариант будет выбран, исходя из имеющейся статистической информации и параметров планировщика.

Когда выбирается сканирование индекса, создаётся временная таблица, содержащая данные целевой таблицы по порядку индекса. Также создаются копии всех индексов таблицы. Таким образом, для этой операции требуется объём дискового пространства не меньше, чем размер таблицы и индексов в сумме.

В случае выбора последовательного сканирования и сортировки создаётся ещё и временный файл для сортировки, так что пиковым требованием будет удвоенный размер таблицы плюс размер индексов. Этот метод часто быстрее, чем сканирование по индексу, но если требование к дисковому пространству неприемлемо, можно отключить его выбор, временно установив `enable_sort` в `off`.

Перед кластеризацией рекомендуется установить в `maintenance_work_mem` достаточно большое значение (но не больше, чем объём ОЗУ, который вы хотите выделить для операции CLUSTER).

Так как планировщик записывает статистику, связанную с порядком таблиц, для вновь кластеризуемых таблиц рекомендуется запускать ANALYZE. В противном случае планировщик может ошибиться с выбором плана запроса.

Так как CLUSTER запоминает, по каким индексам кластеризованы таблицы, достаточно лишь один раз вручную кластеризовать нужные таблицы, а затем настроить периодический скрипт обслуживания, который будет выполнять CLUSTER без параметров, с тем чтобы эти таблицы регулярно кластеризовались.

Примеры

Кластеризация таблицы `employees` согласно её индексу `employees_ind`:

```
CLUSTER employees USING employees_ind;
```

Кластеризация таблицы `employees` согласно тому же индексу, что был использован ранее:

```
CLUSTER employees;
```

Кластеризация всех таблиц в базе данных, что были кластеризованы ранее:

```
CLUSTER;
```

Совместимость

Оператор CLUSTER отсутствует в стандарте SQL.

Синтаксис

```
CLUSTER имя_индекса ON имя_таблицы
```

так же является допустимым для совместимости с PostgreSQL до версии 8.3.

См. также

`clusterdb`

COMMENT

COMMENT — задать или изменить комментарий объекта

Синтаксис

```
COMMENT ON
{
    ACCESS METHOD имя_объекта |
    AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |
    CAST (исходный_тип AS целевой_тип) |
    COLLATION имя_объекта |
    COLUMN имя_отношения.имя_столбца |
    CONSTRAINT имя_ограничения ON имя_таблицы |
    CONSTRAINT имя_ограничения ON DOMAIN имя_домена |
    CONVERSION имя_объекта |
    DATABASE имя_объекта |
    DOMAIN имя_объекта |
    EXTENSION имя_объекта |
    EVENT TRIGGER имя_объекта |
    FOREIGN DATA WRAPPER имя_объекта |
    FOREIGN TABLE имя_объекта |
    FUNCTION имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ] |
    INDEX имя_объекта |
    LARGE OBJECT oid_большого_объекта |
    MATERIALIZED VIEW имя_объекта |
    OPERATOR имя_оператора (тип_слева, тип_справа) |
    OPERATOR CLASS имя_объекта USING метод_индекса |
    OPERATOR FAMILY имя_объекта USING метод_индекса |
    POLICY имя_политики ON имя_таблицы |
    [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |
    PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ] |
    PUBLICATION имя_объекта |
    ROLE имя_объекта |
    ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ] ) ] |
    RULE имя_правила ON имя_таблицы |
    SCHEMA имя_объекта |
    SEQUENCE имя_объекта |
    SERVER имя_объекта |
    STATISTICS имя_объекта |
    SUBSCRIPTION имя_объекта |
    TABLE имя_объекта |
    TABLESPACE имя_объекта |
    TEXT SEARCH CONFIGURATION имя_объекта |
    TEXT SEARCH DICTIONARY имя_объекта |
    TEXT SEARCH PARSER имя_объекта |
    TEXT SEARCH TEMPLATE имя_объекта |
    TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка |
    TRIGGER имя_триггера ON имя_таблицы |
    TYPE имя_объекта |
    VIEW имя_объекта
} IS 'текст'
```

Здесь *сигнатура_агр_функции*:

```
* |  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |  
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

COMMENT сохраняет комментарий об объекте базы данных.

Для каждого объекта сохраняется только одна строка, так что для изменения комментария нужно просто выполнить COMMENT ещё раз для того же объекта. Чтобы удалить комментарий, вместо текстовой строки укажите NULL. При удалении объектов комментарии удаляются автоматически.

Для большинства типов объектов комментариев может установить только владелец объекта. Но так как роли не имеют владельцев, COMMENT ON ROLE для ролей суперпользователей разрешено выполнять только суперпользователям, а для обычных ролей — тем, кто имеет право CREATEROLE. Так же не имеют владельцев и методы доступа; чтобы добавить комментарий для метода доступа, нужно быть суперпользователем. Разумеется, суперпользователи могут задавать комментарии для любых объектов.

Просмотреть комментарии можно в psql, используя семейство команд \d. Имеется возможность получать комментарии и в других пользовательских интерфейсах, используя те же встроенные функции, что использует psql, а именно obj_description, col_description и shobj_description (см. Таблицу 9.68).

Параметры

имя_объекта
имя_отношения.имя_столбца
имя_агрегатной_функции
имя_ограничения
имя_функции
имя_оператора
имя_политики
имя_процедуры
имя_подпрограммы
имя_правила
имя_триггера

Имя объекта, для которого задаётся комментарий. Имена таблиц, агрегатных функций, правил сортировки, перекодировок, доменов, сторонних таблиц, функций, индексов, операторов, классов и семейств операторов, процедур, последовательностей, подпрограмм, объектов текстового поиска и статистики, типов и представлений могут быть дополнены именем схемы. При определении комментария для столбца, *имя_отношения* должно ссылаться на таблицу, представление, составной тип или стороннюю таблицу.

имя_таблицы
имя_домена

При создании комментария для ограничения, триггера, правила или политики эти параметры задают имя таблицы или домена, к которым относится этот объект.

исходный_тип

Имя исходного типа данных для приведения.

целевой_тип

Имя целевого типа данных для приведения.

режим_аргумента

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Обратите внимание, что COMMENT не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Обратите внимание, что на самом деле COMMENT не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

oid_большого_объекта

OID большого объекта.

*тип_слева**тип_справа*

Тип данных аргументов оператора (возможно, дополненный именем схемы). В случае отсутствия аргумента префиксного или постфиксного оператора укажите вместо типа NONE.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

текст

Новый комментарий, записанный в виде строковой константы (или NULL для удаления комментария).

Замечания

В настоящее время механизм безопасности в части просмотра комментариев отсутствует: любой пользователь, подключённый к базе данных, может видеть все комментарии всех объектов базы. Для общих объектов, таких как базы данных, роли и табличные пространства, комментарии хранятся глобально, так что их может видеть любой пользователь, подключённый к любой базе данных в кластере. Поэтому ничего секретного писать в комментариях не следует.

Примеры

Добавление комментария для таблицы mytable:

```
COMMENT ON TABLE mytable IS 'Это моя таблица.';
```

Удаление его:

```
COMMENT ON TABLE mytable IS NULL;
```

Ещё несколько примеров:

```
COMMENT ON ACCESS METHOD rtree IS 'Метод доступа R-Tree';
```

```
COMMENT ON AGGREGATE my_aggregate (double precision) IS 'Вычисляет дисперсию выборки';
```



```
COMMENT ON CAST (text AS int4) IS 'Выполняет приведение строк к int4';
COMMENT ON COLLATION "fr_CA" IS 'Канадский французский';
COMMENT ON COLUMN my_table.my_column IS 'Порядковый номер сотрудника';
COMMENT ON CONVERSION my_conv IS 'Перекодировка в UTF8';
COMMENT ON CONSTRAINT bar_col_cons ON bar IS 'Ограничение столбца col';
COMMENT ON CONSTRAINT dom_col_constr ON DOMAIN dom IS 'Ограничение col для домена';
COMMENT ON DATABASE my_database IS 'База данных разработчиков';
COMMENT ON DOMAIN my_domain IS 'Домен почтового адреса';
COMMENT ON EXTENSION hstore IS 'Реализует тип данных hstore';
COMMENT ON FOREIGN DATA WRAPPER mywrapper IS 'Моя обёртка сторонних данных';
COMMENT ON FOREIGN TABLE my_foreign_table IS 'Информация о сотрудниках в другой БД';
COMMENT ON FUNCTION my_function (timestamp) IS 'Возвращает число римскими цифрами';
COMMENT ON INDEX my_index IS 'Обеспечивает уникальность по коду сотрудника';
COMMENT ON LANGUAGE plpython IS 'Поддержка Python для хранимых процедур';
COMMENT ON LARGE OBJECT 346344 IS 'Документ планирования';
COMMENT ON MATERIALIZED VIEW my_matview IS 'Сводка истории заказов';
COMMENT ON OPERATOR ^ (text, text) IS 'Вычисляет пересечение двух текстов';
COMMENT ON OPERATOR - (NONE, integer) IS 'Унарный минус';
COMMENT ON OPERATOR CLASS int4ops USING btree IS 'Операторы для четырёхбайтовых целых
(для B-деревьев)';
COMMENT ON OPERATOR FAMILY integer_ops USING btree IS 'Все целочисленные операторы (для
B-деревьев)';
COMMENT ON POLICY my_policy ON mytable IS 'Фильтр строк по пользователям';
COMMENT ON PROCEDURE my_proc (integer, integer) IS 'Строит отчёт';
COMMENT ON ROLE my_role IS 'Административная группа для таблиц бухгалтерии';
COMMENT ON RULE my_rule ON my_table IS 'Протоколирует изменения в записях сотрудников';
COMMENT ON SCHEMA my_schema IS 'Данные отдела';
COMMENT ON SEQUENCE my_sequence IS 'Предназначена для генерации первичных ключей';
COMMENT ON SERVER myserver IS 'Мой сторонний сервер';
COMMENT ON STATISTICS my_statistics IS 'Улучшает оценку числа строк для планировщика';
COMMENT ON TABLE my_schema.my_table IS 'Данные сотрудников';
COMMENT ON TABLESPACE my_tablespace IS 'Табличное пространство для индексов';
COMMENT ON TEXT SEARCH CONFIGURATION my_config IS 'Фильтрация специальных слов';
COMMENT ON TEXT SEARCH DICTIONARY swedish IS 'Стеммер Snowball для шведского языка';
COMMENT ON TEXT SEARCH PARSER my_parser IS 'Разделяет текст на слова';
COMMENT ON TEXT SEARCH TEMPLATE snowball IS 'Стеммер Snowball';
COMMENT ON TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu IS 'Трансформирует данные из hstore
в словарь языка Python';
COMMENT ON TRIGGER my_trigger ON my_table IS 'Обеспечивает ссылочную целостность';
COMMENT ON TYPE complex IS 'Тип данных комплексных чисел';
COMMENT ON VIEW my_view IS 'Представление расходов по отделам';
```

Совместимость

Оператор COMMENT отсутствует в стандарте SQL.

COMMIT

COMMIT — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
COMMIT [ WORK | TRANSACTION ]
```

Описание

COMMIT фиксирует текущую транзакцию. Все изменения, произведённые транзакцией, становятся видимыми для других и гарантированно сохраняются в случае сбоя.

Параметры

WORK
TRANSACTION

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

Замечания

Для прерывания транзакции используйте ROLLBACK.

При попытке выполнить COMMIT вне транзакции ничего не произойдёт, но будет выдано предупреждение.

Примеры

Следующая команда фиксирует текущую транзакцию и сохраняет все изменения:

```
COMMIT;
```

Совместимость

В стандарте SQL описаны только две формы: COMMIT и COMMIT WORK. В остальном эта команда полностью соответствует стандарту.

См. также

BEGIN, ROLLBACK

COMMIT PREPARED

COMMIT PREPARED — зафиксировать транзакцию, которая ранее была подготовлена для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
COMMIT PREPARED id_транзакции
```

Описание

COMMIT PREPARED фиксирует транзакцию, находящуюся в подготовленном состоянии.

Параметры

id_транзакции

Идентификатор транзакции, которая будет зафиксирована.

Замечания

Зафиксировать подготовленную транзакцию может либо пользователь, выполнявший её изначально, либо суперпользователь. При этом не обязательно работать в том же сеансе, где выполнялась транзакция.

Эту команду нельзя выполнить внутри блока транзакции. Подготовленная транзакция фиксируется немедленно.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении `pg_prepared_xacts`.

Примеры

Фиксация транзакции, имеющей идентификатор `foobar`:

```
COMMIT PREPARED 'foobar';
```

Совместимость

Оператор `COMMIT PREPARED` является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

PREPARE TRANSACTION, ROLLBACK PREPARED

COPY

COPY — копировать данные между файлом и таблицей

Синтаксис

```
COPY имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]  
FROM { 'имя_файла' | PROGRAM 'команда' | STDIN }  
[ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]  
  
COPY { имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ] | ( запрос ) }  
TO { 'имя_файла' | PROGRAM 'команда' | STDOUT }  
[ [ WITH ] ( параметр [, ...] ) ]
```

Здесь допускается *параметр*:

```
FORMAT имя_формата  
OIDS [ boolean ]  
FREEZE [ boolean ]  
DELIMITER 'символ_разделитель'  
NULL 'маркер_NULL'  
HEADER [ boolean ]  
QUOTE 'символ_кавычек'  
ESCAPE 'символ_экранирования'  
FORCE_QUOTE { ( имя_столбца [, ...] ) | * }  
FORCE_NOT_NULL ( имя_столбца [, ...] )  
FORCE_NULL ( имя_столбца [, ...] )  
ENCODING 'имя_кодировки'
```

Описание

COPY перемещает данные между таблицами PostgreSQL и обычными файлами в файловой системе. COPY TO копирует содержимое таблицы в файл, а COPY FROM — из файла в таблицу (добавляет данные к тем, что уже содержались в таблице). COPY TO может также скопировать результаты запроса SELECT.

Если указывается список столбцов, COPY скопирует только данные указанных столбцов. Если в таблице есть столбцы, отсутствующие в этом списке, COPY FROM заполнит эти столбцы значениями по умолчанию.

COPY с именем файла указывает серверу PostgreSQL читать или записывать непосредственно этот файл. Заданный файл должен быть доступен пользователю PostgreSQL (тому пользователю, от имени которого работает сервер), и путь к файлу должен задаваться с точки зрения сервера. Когда указывается параметр PROGRAM, сервер выполняет заданную команду и читает данные из стандартного вывода программы, либо записывает их в стандартный ввод. Команда должна определяться с точки зрения сервера и быть доступной для исполнения пользователю PostgreSQL. Когда указывается STDIN или STDOUT, данные передаются через соединение клиента с сервером.

Параметры

имя_таблицы

Имя существующей таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Необязательный список столбцов, данные которых будут копироваться. Если этот список отсутствует, копируются все столбцы таблицы.

запрос

Команда SELECT, VALUES, INSERT, UPDATE или DELETE, результаты которой будут скопированы. Заметьте, что запрос должен заключаться в скобки.

Для запросов INSERT, UPDATE и DELETE должно задаваться предложение RETURNING и в целевом отношении не должно быть условного правила, правила ALSO или правила INSTEAD, разворачивающегося в несколько операторов.

имя_файла

Путь входного или выходного файла. Путь входного файла может быть абсолютным или относительным, но путь выходного должен быть только абсолютным. Пользователям Windows следует использовать формат `Е ' '` и продублировать каждую обратную черту в пути файла.

PROGRAM

Выполняемая команда. COPY FROM читает стандартный вывод команды, а COPY TO записывает в её стандартный ввод.

Заметьте, что команда запускается через командную оболочку, так что если требуется передать этой команде какие-либо аргументы, поступающие из недоверенного источника, необходимо аккуратно избавиться от всех спецсимволов, имеющих особое значение в оболочке, либо экранировать их. По соображениям безопасности лучше ограничиться фиксированной строкой команды или как минимум не позволять пользователям вводить в неё произвольное содержимое.

STDIN

Указывает, что данные будут поступать из клиентского приложения.

STDOUT

Указывает, что данные будут выдаваться клиентскому приложению.

boolean

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать TRUE, ON или 1, а для отключения — FALSE, OFF или 0. Значение *boolean* можно опустить, в этом случае подразумевается TRUE.

FORMAT

Выбирает формат чтения или записи данных: `text` (текстовый), `csv` (значения, разделённые запятыми, Comma Separated Values) или `binary` (двоичный). По умолчанию выбирается формат `text`.

OIDS

Копирует OID каждой строки. (Если присутствует указание OIDS, но таблица не содержит столбец oid, либо копируется *запрос*, возникнет ошибка.)

FREEZE

Запросы копируют данные с уже замороженными строками, как после выполнения команды VACUUM FREEZE. Это позволяет увеличить производительность при начальном добавлении данных. Строки будут замораживаться, только если загружаемая таблица была создана или опущена в текущей подтранзакции, с ней не связаны открытые курсоры и в данной транзакции нет других снимков.

Заметьте, что все другие сеансы будут немедленно видеть данные, как только они будут успешно загружены. Это нарушает принятые правила видимости MVCC, так что пользователи, включающие этот режим, должны понимать, какие проблемы это может вызвать.

DELIMITER

Задаёт символ, разделяющий столбцы в строках файла. По умолчанию это символ табуляции в текстовом формате и запятая в формате `CSV`. Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Для формата `binary` этот параметр не допускается.

NULL

Определяет строку, задающую значение `NULL`. По умолчанию в текстовом формате это `\N` (обратная косая черта и `N`), а в формате `CSV` — пустая строка без кавычек. Пустую строку можно использовать и в текстовом формате, если не требуется различать пустые строки и `NULL`. Для формата `binary` этот параметр не допускается.

Примечание

При выполнении `COPY FROM` любые значения, совпадающие с этой строкой, сохраняются как значение `NULL`, так что при переносе данных важно убедиться в том, что это та же строка, что применялась в `COPY TO`.

HEADER

Указывает, что файл содержит строку заголовка с именами столбцов. При выводе первая строка файла будет содержать имена столбцов таблицы, а при вводе первая строка просто игнорируется. Этот параметр допускается только для формата `CSV`.

QUOTE

Указывает символ кавычек, используемый для заключения данных в кавычки. По умолчанию это символ двойных кавычек. Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Этот параметр поддерживается только для формата `CSV`.

ESCAPE

Задаёт символ, который будет выводиться перед символом данных, совпавшим со значением `QUOTE`. По умолчанию это тот же символ, что и `QUOTE` (то есть, при появлении в данных кавычек, они дублируются). Задаваемый символ должен быть однобайтовым. Этот параметр допускается только для режима `CSV`.

FORCE_QUOTE

Принудительно заключает в кавычки все значения не `NULL` в указанных столбцах. Выводимое значение `NULL` никогда не заключается в кавычки. Если указано `*`, в кавычки будут заключаться значения не `NULL` во всех столбцах. Этот параметр принимает только команда `COPY TO` и только для формата `CSV`.

FORCE_NOT_NULL

Не сопоставлять значения в указанных столбцах с маркером `NULL`. По умолчанию, когда маркер пуст, это означает, что пустые значения будут считаны как строки нулевой длины, а не `NULL`, даже когда они не заключены в кавычки. Этот параметр допускается только в команде `COPY FROM` и только для формата `CSV`.

FORCE_NULL

Сопоставлять значения в указанных столбцах с маркером `NULL`, даже если они заключены в кавычки, и в случае совпадения устанавливать значение `NULL`. По умолчанию, когда этот маркер пуст, пустая строка в кавычках будет преобразовываться в `NULL`. Этот параметр допускается только в команде `COPY FROM` и только для формата `CSV`.

ENCODING

Указывает, что файл имеет кодировку *имя_кодировки*. Если этот параметр опущен, выбирается текущая кодировка клиента. Подробнее об этом говорится ниже, в примечаниях.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, COPY возвращает метку команды в виде

COPY *число*

Здесь *число* — количество скопированных записей.

Примечание

psql выводит эту метку, только если выполнялась не команда COPY ... TO STDOUT или её аналог в psql, метакоманда \copy ... to stdout. Это сделано для того, чтобы метка команды не смешалась с данными, выведенными перед ней.

Замечания

COPY TO может использоваться только с обычными таблицами, но не с представлениями. Однако вы можете скопировать текущее содержимое представления, записав COPY (SELECT * FROM *имя_представления*) TO

COPY FROM можно применять с обычными, сторонними и секционированными таблицами или представлениями, в которых установлены триггеры INSTEAD OF INSERT.

COPY обрабатывает только явно заданную таблицу, дочерние таблицы при копировании данных не затрагиваются. Поэтому, например COPY *таблица* TO выводит те же данные, что и запрос SELECT * FROM ONLY *table*. Для выгрузки всех данных в иерархии наследования можно применить COPY (SELECT * FROM *table*) TO

В таблице, данные которой читает команда COPY TO, требуется иметь право на выборку данных, а в таблице, куда вставляет значения COPY FROM, требуется право на добавление. При этом, если в команде перечисляются избранные столбцы, достаточно иметь права только для них.

Если для таблицы включена защита на уровне строк, соответствующие политики SELECT будут применяться и к операторам COPY *таблица* TO. Операторы COPY FROM для таблиц с защитой строк в настоящее время не поддерживаются. Вместо них следует использовать равнозначные операторы INSERT.

Файлы, указанные в команде COPY, читаются или записываются непосредственно сервером, не клиентским приложением. Поэтому они должны располагаться на сервере или быть доступными серверу, а не клиенту. Они должны быть доступны на чтение или запись пользователю PostgreSQL (пользователю, от имени которого работает сервер), не клиенту. Аналогично, команда, указанная параметром PROGRAM, выполняется непосредственно сервером, а не клиентским приложением, и должна быть доступна на выполнение пользователю PostgreSQL. Выполнять COPY с указанием файла или внешней команды разрешено только суперпользователям базы данных или членам встроенных ролей pg_read_server_files, pg_write_server_files или pg_execute_server_program, так как это позволяет читать/записывать любые файлы и запускать любые программы, к которым имеет доступ сервер.

Не путайте команду COPY с реализованной в psql метакомандой \copy. Метакоманда \copy вызывает COPY FROM STDIN или COPY TO STDOUT, а затем работает с данными в файле, доступном клиенту psql. Таким образом, когда применяется команда \copy, доступность файла и права доступа зависят от клиента, а не от сервера.

Путь файла, указываемый в COPY, рекомендуется всегда задавать как абсолютный, а не относительный. Это обязательное условие для команды COPY TO, но COPY FROM позволяет прочитать файл, заданный и относительным путём. Такой путь будет интерпретироваться относительно рабочего каталога серверного процесса (обычно это каталог данных кластера), а не рабочего каталога клиента.

Выполнение команды в `PROGRAM` может быть ограничено и другими работающими в ОС механизмами контроля доступа, например SELinux.

`COPY FROM` вызывает все триггеры и обрабатывает все ограничения-проверки в целевой таблице. Однако правила при загрузке данных не вызываются.

Для столбцов идентификации команда `COPY FROM` всегда переносит значения, содержащиеся во входных данных, как команда `INSERT` с указанием `OVERRIDING SYSTEM VALUE`.

При вводе и выводе данных `COPY` учитывается `DateStyle`. Для обеспечения переносимости на другие инсталляции PostgreSQL, в которых могут использоваться нестандартные значения `DateStyle`, значение `DateStyle` следует установить равным `ISO` до вызова `COPY TO`. Также рекомендуется не выгружать данные с `IntervalStyle` равным `sql_standard`, так как сервер с другим значением `IntervalStyle` может неправильно воспринимать отрицательные интервалы в таких данных.

Входные данные интерпретируются согласно кодировке, заданной параметром `ENCODING`, или текущей кодировке клиента, а выходные кодируются в кодировке `ENCODING` или текущей кодировке клиента, даже если данные не проходят через клиента, а считываются или записываются в файл непосредственно сервером.

`COPY` прекращает операцию при первой ошибке. Это не должно приводить к проблемам в случае с `COPY TO`, но после `COPY FROM` в целевой таблице остаются ранее полученные строки. Эти строки не будут видимыми и доступными, но будут занимать место на диске. Если сбой происходит при копировании большого объёма данных, это может приводить к значительным потерям дискового пространства. При желании вернуть потерянный объём, это можно сделать с помощью команды `VACUUM`.

`FORCE_NULL` и `FORCE_NOT_NULL` можно применить одновременно к одному столбцу. В результате `NULL`-значения в кавычках будут преобразованы в `NULL`, а `NULL`-значения без кавычек — в пустые строки.

Форматы файлов

Текстовый формат

Когда применяется формат `text`, читаемые или записываемые данные представляют собой текстовый файл, строка в котором соответствует строке таблицы. Столбцы в строке разделяются символом-разделителем. Значения самих столбцов — строки, выдаваемые функцией вывода, либо воспринимаемые функцией ввода, соответствующей типу данных столбца. Заданный маркер `NULL` выводится и считывается вместо столбцов со значением `NULL`. `COPY FROM` выдаёт ошибку, если в любой из строк во входном файле оказывается больше или меньше столбцов, чем ожидается. С указанием `OIDS` значение `OID` считывается или записывается в первом столбце, предшествующем столбцам с основными данными.

Конец данных может обозначаться одной строкой, содержащей только обратную косую и точку (`\.`). Маркер конца данных не требуется при чтении из файла, так как его роль вполне выполняет конец файла; он необходим только при передаче данных в/из клиентского приложения по протоколу обмена до версии 3.0.

Символы обратной косой черты (`\`) в данных `COPY` позволяют экранировать символы данных, которые без них считались бы разделителями строк или столбцов. В частности, предваряться обратной косой *должны* следующие символы, когда они оказываются в значении столбца: сама обратная косая черта, перевод строки, возврат каретки и текущий разделитель.

Маркер `NULL` передаётся команде `COPY TO` как есть, без добавления обратной косой; `COPY FROM`, со своей стороны, ищет во вводимых данных маркеры `NULL` до удаления обратных косых. Таким образом, маркер `NULL`, например такой как `\N`, отличается от значения `\N` в данных (оно должно представляться в виде `\\N`).

Команда `COPY FROM` распознаёт следующие спецпоследовательности:

Последовательность	Представляет
\b	Забой (ASCII 8)
\f	Подача формы (ASCII 12)
\n	Новая строка (ASCII 10)
\r	Возврат каретки (ASCII 13)
\t	Табуляция (ASCII 9)
\v	Вертикальная табуляция (ASCII 11)
\цифры	Обратная косая с последующими 1-3 восьмеричными цифрами представляет символ с заданным числовым кодом
\хцифры	Обратная косая с последующим х и 1-2 шестнадцатеричными цифрами представляет символ с заданным числовым кодом

В настоящее время COPY **то** никогда не выводит спецпоследовательности с восьмеричными или шестнадцатеричными кодами, однако выводит другие вышеперечисленные спецпоследовательности вместо управляющих символов.

Любой другой символ после обратной косой, отсутствующий в приведённой выше таблице, будет представлять себя. Однако опасайтесь излишнего добавления обратных косых, так как это может привести к случайному образованию строки, обозначающей маркер конца данных (\.) или маркер NULL (\N по умолчанию). Эти строки будут восприняты прежде, чем обработаются спецпоследовательности с обратной косой.

В приложениях, генерирующих данные для COPY, настоятельно рекомендуется преобразовать символы новой строки и возврата каретки в последовательности \n и \r, соответственно. В настоящее время можно представить возврат каретки в данных как обратная косая и возврат каретки, а перевод строки как обратная косая и перевод строки, однако это может не поддерживаться в будущих версиях. Такие символы также подвержены искажениям, если файл с выводом COPY переносится между разными системами (например, с Unix в Windows и наоборот).

COPY **то** завершает каждую строку символом новой строки в стиле Unix («\n»). Серверы, работающие в Microsoft Windows, вместо этого выводят символы возврата каретки/новая строка («\r\n»), но только при выводе COPY в файл на сервере; для согласованности на разных платформах, COPY **то** STDOUT всегда передаёт «\n», вне зависимости от платформы сервера. COPY FROM может воспринимать строки, завершающиеся символами новая строка, перевод каретки, либо возврат каретки+новая строка. Чтобы уменьшить риск ошибки из-за незранированных символов новой строки и возврата каретки, которые должны были быть данными, COPY FROM сигнализирует о проблеме, если концы строк во входных данных различаются.

Формат CSV

Этот формат применяется для импорта и экспорта данных в виде списка значений, разделённых запятыми (CSV), с которым могут работать многие другие программы, например электронные таблицы. Вместо правил экранирования значений, введённых в PostgreSQL для текстового формата, этот формат использует стандартный механизм экранирования CSV.

Значения в каждой записи разделяются символами DELIMITER. Если значение содержит символ разделителя, символ QUOTE, маркер NULL, символ возврата каретки или перевода строки, то всё значение дополняется спереди и сзади символами QUOTE, а любое вхождение символа QUOTE или спецсимвола (ESCAPE) в данных предваряется спецсимволом. С указанием FORCE_QUOTE в кавычки будут принудительно заключаться любые значения не NULL в указанных столбцах.

В формате CSV отсутствует стандартный способ отличить значение NULL от пустой строки. В PostgreSQL команда COPY решает это с помощью кавычек. Значение NULL выводится в виде строки, задаваемой параметром NULL, и не заключается в кавычки, тогда как значение не NULL, со строкой,

задаваемой параметром `NULL`, заключается. Например, с параметрами по умолчанию `NULL` записывается в виде пустой строки без кавычек, тогда как пустая строка записывается в двойных кавычках (`""`). При чтении значений действуют похожие правила. Указание `FORCE_NOT_NULL` позволяет избежать сравнений на `NULL` во входных данных в заданных столбцах, а `FORCE_NULL` — преобразовывать в `NULL` маркеры `NULL`, даже заключённые в кавычки.

Так как обратная косая черта не является спецсимволом в формате `CSV`, маркер конца данных `\.` может быть и значением данных. Во избежание ошибок интерпретации данные `\.`, выводимые в виде единственного элемента строки, автоматически заключаются в кавычки при выводе, а при вводе этот маркер, заключённый в кавычки, не воспринимается как маркер конца данных. При загрузке файла, созданного другой программой, в котором в единственном столбце без кавычек оказалось значение `\.`, потребуется дополнительно заключить это значение в кавычки.

Примечание

В формате `CSV` все символы являются значимыми. Заключённое в кавычки значение, дополненное пробелами или любыми другими символами, кроме `DELIMITER`, будет включать и эти символы. Это может приводить к ошибкам при импорте данных из системы, дополняющей строки `CSV` пробельными символами до некоторой фиксированной ширины. В случае возникновения такой проблемы необходимо обработать файл `CSV` и удалить из него замыкающие пробельные символы, прежде чем загружать данные из него в `PostgreSQL`.

Примечание

Обработчик формата `CSV` воспринимает и генерирует файлы `CSV` со значениями в кавычках, которые могут содержать символы возврата каретки и перевода строки. Таким образом, число строк в этих файлах не строго равно числу строк в таблице, как в файлах текстового формата.

Примечание

Многие программы генерируют странные и иногда неприемлемые файлы `CSV`, так что этот формат используется скорее по соглашению, чем по стандарту. Поэтому вам могут встретиться файлы, которые невозможно импортировать, используя этот механизм, а `COPY` может сформировать такие файлы, что их не смогут обработать другие программы.

Двоичный формат

При выборе формата `binary` все данные сохраняются/считываются в двоичном, а не текстовом виде. Иногда этот формат обрабатывается быстрее, чем текстовый и `CSV`, но он может оказаться непереносимым между разными машинными архитектурами и версиями `PostgreSQL`. Кроме того, двоичный формат сильно зависит от типов данных; например, он не позволяет вывести данные из столбца `smallint`, а затем прочитать их в столбец `integer`, хотя с текстовым форматом это вполне возможно.

Формат `binary` включает заголовок файла, ноль или более записей, содержащих данные строк, и окончание файла. Для заголовков и данных принят сетевой порядок байт.

Примечание

В `PostgreSQL` до версии 7.4 использовался другой двоичный формат.

Заголовок файла

Заголовок файла содержит 15 байт фиксированных полей, за которыми следует область расширения заголовка переменной длины. Фиксированные поля:

Сигнатура

Последовательность из 11 байт `PGCOPY\n\377\r\n\0` — заметьте, что нулевой байт является обязательной частью сигнатуры. (Эта сигнатура позволяет легко выявить файлы, испорченные при передаче, не сохраняющей все 8 бит данных. Она изменится при прохождении через фильтры, меняющие концы строк, отбрасывающие нулевые байты или старшие биты, либо добавляющие чётность.)

Поле флагов

Маска из 32 бит, обозначающая важные аспекты формата файла. Биты нумеруются от 0 (LSB) до 31 (MSB). Учтите, что это поле хранится в сетевом порядке байт (наиболее значащий байт первый), как и все целочисленные поля в этом формате. Биты 16-31 зарезервированы для обозначения критичных особенностей формата; обработчик должен прервать чтение, встретив любой неожиданный бит в этом диапазоне. Биты 0-15 зарезервированы для обозначения особенностей, связанных с обратной совместимостью; обработчик может просто игнорировать любые неожиданные биты в этом диапазоне. В настоящее время определён только один битовый флаг, остальные должны быть равны 0:

Бит 16

При 1 в данные включается OID; при 0 — нет

Длина области расширения заголовка

Целое 32-битное число, определяющее длину в байтах остального заголовка, не включая само это значение. В настоящее время содержит 0, и сразу за ним следует первая запись. При будущих изменениях формата в заголовок могут быть добавлены дополнительные данные. Обработчик должен просто пропускать все расширенные данные заголовка, о которых ему ничего не известно.

Область расширения заголовка предусмотрена для размещения последовательности самоопределяемых блоков. Поле флагов не должно содержать указаний о том, что содержится в области расширения. Точное содержимое области расширения может быть определено в будущих версиях.

При таком подходе возможно как обратно-совместимое дополнение заголовка (добавить блоки расширения заголовка или установить младшие биты флагов), так и не обратно-совместимое (установить старшие биты флагов, сигнализирующие о подобном изменении, и добавить вспомогательные данные в область расширения, если это потребуется).

Записи

Каждая запись начинается с 16-битного целого числа, определяющего количество полей в записи. (В настоящее время во всех записях должно быть одинаковое число полей, но так может быть не всегда.) Затем, для каждого поля в записи указывается 32-битная длина поля, за которой следует это количество байт с данными поля. (Значение длины не включает свой размер, и может быть равно нулю.) В качестве особого варианта, -1 обозначает, что в поле содержится NULL. В случае с NULL за длиной не следуют байты данных.

Выравнивание или какие-либо дополнительные данные между полями не вставляются.

В настоящее время предполагается, что все значения данных в файле двоичного формата содержатся в двоичном формате (формате под кодом 1). Возможно, в будущем расширении в заголовок будет добавлено поле, позволяющее задавать другие коды форматов для разных столбцов.

Чтобы определить подходящий двоичный формат для фактических данных, обратитесь к исходному коду PostgreSQL, в частности, к функциям `*send` и `*recv` для типов данных каждого столбца (обычно эти функции находятся в каталоге `src/backend/utils/adt/` в дереве исходного кода).

Если в файл включается OID, поле OID следует немедленно за числом, определяющим количество полей. Это поле не отличается от других ничем, кроме того, что оно не учитывается в количестве полей. В частности, для него также задаётся длина — это позволяет обрабатывать и четырёх- и восьмибайтовые OID без особых сложностей, и даже вывести OID, равный NULL, если возникнет потребность в этом.

Окончание файла

Окончание файла состоит из 16-битного целого, содержащего -1. Это позволяет легко отличить его от счётчика полей в записи.

Обработчик, читающий файл, должен выдать ошибку, если число полей в записи не равно -1 или ожидаемому числу столбцов. Это обеспечивает дополнительную проверку синхронизации данных.

Примеры

В следующем примере таблица передаётся клиенту с разделителем полей «вертикальная черта» (`|`):

```
COPY country TO STDOUT (DELIMITER '|');
```

Копирование данных из файла в таблицу `country`:

```
COPY country FROM '/usr1/proj/bray/sql/country_data';
```

Копирование в файл только данных стран, название которых начинается с 'A':

```
COPY (SELECT * FROM country WHERE country_name LIKE 'A%') TO '/usr1/proj/bray/sql/a_list_countries.copy';
```

Для копирования данных в сжатый файл можно направить вывод через внешнюю программу сжатия:

```
COPY country TO PROGRAM 'gzip > /usr1/proj/bray/sql/country_data.gz';
```

Пример данных, подходящих для копирования в таблицу из STDIN:

```
AF      AFGHANISTAN
AL      ALBANIA
DZ      ALGERIA
ZM      ZAMBIA
ZW      ZIMBABWE
```

Примечание: пробелы в каждой строке на самом деле обозначают символы табуляции.

Ниже приведены те же данные, но выведенные в двоичном формате. Данные показаны после обработки Unix-утилитой `od -c`. Таблица содержит три столбца; первый имеет тип `char(2)`, второй — `text`, а третий — `integer`. Последний столбец во всех строках содержит NULL.

```
00000000  P   G   C   O   P   Y  \n 377  \r  \n  \0  \0  \0  \0  \0  \0
00000020  \0  \0  \0  \0 003  \0  \0  \0 002  A   F  \0  \0  \0 013  A
00000040  F   G   H   A   N   I   S   T   A   N 377 377 377 377  \0 003
00000060  \0  \0  \0 002  A   L  \0  \0  \0 007  A   L   B   A   N   I
00000100  A 377 377 377 377  \0 003  \0  \0  \0 002  D   Z  \0  \0  \0
00000120 007  A   L   G   E   R   I   A 377 377 377 377  \0 003  \0  \0
00000140  \0 002  Z   M  \0  \0  \0 006  Z   A   M   B   I   A 377 377
00000160 377 377  \0 003  \0  \0  \0 002  Z   W  \0  \0  \0  \b  Z   I
00000200  M   B   A   B   W   E 377 377 377 377 377 377
```

Совместимость

Оператор `COPY` отсутствует в стандарте SQL.

До версии PostgreSQL 9.0 использовался и по-прежнему поддерживается следующий синтаксис:

```
COPY имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]  
FROM { 'имя_файла' | STDIN }  
[ [ WITH ]  
    [ BINARY ]  
    [ OIDS ]  
    [ DELIMITER [ AS ] 'разделитель' ]  
    [ NULL [ AS ] 'маркер_null' ]  
    [ CSV [ HEADER ]  
        [ QUOTE [ AS ] 'кавычки' ]  
        [ ESCAPE [ AS ] 'спецсимвол' ]  
        [ FORCE NOT NULL имя_столбца [, ...] ] ] ] ]
```

```
COPY { имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ] | ( запрос ) }  
TO { 'имя_файла' | STDOUT }  
[ [ WITH ]  
    [ BINARY ]  
    [ OIDS ]  
    [ DELIMITER [ AS ] 'разделитель' ]  
    [ NULL [ AS ] 'маркер_null' ]  
    [ CSV [ HEADER ]  
        [ QUOTE [ AS ] 'кавычки' ]  
        [ ESCAPE [ AS ] 'спецсимвол' ]  
        [ FORCE QUOTE { имя_столбца [, ...] | * } ] ] ] ]
```

Заметьте, что в этом синтаксисе ключевые слова BINARY и CSV обрабатываются как независимые, а не как аргументы параметра FORMAT.

До версии PostgreSQL 7.3 использовался и по-прежнему поддерживается следующий синтаксис:

```
COPY [ BINARY ] table_name [ WITH OIDS ]  
FROM { 'имя_файла' | STDIN }  
[ [USING] DELIMITERS 'разделитель' ]  
[ WITH NULL AS 'маркер_null' ]  
  
COPY [ BINARY ] имя_таблицы [ WITH OIDS ]  
TO { 'имя_файла' | STDOUT }  
[ [USING] DELIMITERS 'разделитель' ]  
[ WITH NULL AS 'маркер_null' ]
```

CREATE ACCESS METHOD

CREATE ACCESS METHOD — создать новый метод доступа

Синтаксис

```
CREATE ACCESS METHOD имя
    TYPE тип_метода_доступа
    HANDLER функция_обработчик
```

Описание

Команда CREATE ACCESS METHOD создаёт новый метод доступа.

Имя метода доступа должно быть уникальным в базе данных.

Определять новые методы доступа могут только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя создаваемого метода доступа.

тип_метода_доступа

Это предложение задаёт тип создаваемого метода доступа. В настоящее время поддерживается только INDEX.

функция_обработчик

В аргументе *функция_обработчик* указывается имя (возможно дополненное схемой) ранее зарегистрированной функции, представляющей метод доступа. Функция-обработчик должна принимать один аргумент типа `internal`, а её тип возврата зависит от типа метода доступа; для методов доступа типа INDEX это должен быть `index_am_handler`. Также от типа метода доступа зависит API уровня C, который должна реализовывать эта функция-обработчик. API методов доступа индексов описан в Главе 61.

Примеры

Создание метода доступа индекса `heptree` с функцией-обработчиком `heptree_handler`:

```
CREATE ACCESS METHOD heptree TYPE INDEX HANDLER heptree_handler;
```

Совместимость

CREATE ACCESS METHOD является расширением PostgreSQL.

См. также

DROP ACCESS METHOD, CREATE OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR FAMILY

CREATE AGGREGATE

CREATE AGGREGATE — создать агрегатную функцию

Синтаксис

```
CREATE AGGREGATE имя ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_данных_аргумента
[ , ... ] ) (
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , COMBINEFUNC = комбинирующая_функция ]
    [ , SERIALFUNC = функция_сериализации ]
    [ , DESERIALFUNC = функция_десериализации ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , MSFUNC = функция_состояния_движ ]
    [ , MINVFUNC = обратная_функция_движ ]
    [ , MSTYPE = тип_данных_состояния_движ ]
    [ , MSSPACE = размер_данных_состояния_движ ]
    [ , MFINALFUNC = функция_завершения_движ ]
    [ , MFINALFUNC_EXTRA ]
    [ , MFINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
    [ , SORTOP = оператор_сортировки ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
)
```

```
CREATE AGGREGATE имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_данных_аргумента
[ , ... ] ]
                                ORDER BY [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента
] тип_данных_аргумента [ , ... ] ) (
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , INITCOND = начальное_условие ]
    [ , PARALLEL = { SAFE | RESTRICTED | UNSAFE } ]
    [ , HYPOTHETICAL ]
)
```

или старый синтаксис

```
CREATE AGGREGATE имя (
    BASETYPE = базовый_тип,
    SFUNC = функция_состояния,
    STYPE = тип_данных_состояния
    [ , SSPACE = размер_данных_состояния ]
    [ , FINALFUNC = функция_завершения ]
    [ , FINALFUNC_EXTRA ]
    [ , FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
    [ , COMBINEFUNC = комбинирующая_функция ]
    [ , SERIALFUNC = функция_сериализации ]
)
```

```
[ , DESERIALFUNC = функция_десериализации ]
[ , INITCOND = начальное_условие ]
[ , MSFUNC = функция_состояния_движ ]
[ , MINVFUNC = обратная_функция_движ ]
[ , MSTYPE = тип_данных_состояния_движ ]
[ , MSSPACE = размер_данных_состояния_движ ]
[ , MFINALFUNC = функция_завершения_движ ]
[ , MFINALFUNC_EXTRA ]
[ , MFINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE } ]
[ , MINITCOND = начальное_условие_движ ]
[ , SORTOP = оператор_сортировки ]
)
```

Описание

CREATE AGGREGATE создаёт новую агрегатную функцию. Некоторое количество базовых и часто используемых агрегатных функций включено в дистрибутив, они описаны в Разделе 9.20. Но если нужно адаптировать их к новым типам или создать недостающие агрегатные функции, это можно сделать с помощью команды CREATE AGGREGATE.

Если указывается имя схемы (например, CREATE AGGREGATE myschema.myagg ...), агрегатная функция создаётся в указанной схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме.

Агрегатная функция идентифицируется по имени и типам входных данных. Две агрегатных функции в одной схеме могут иметь одно имя, только если они работают с разными типами данных. Имя и тип(ы) входных данных агрегата не могут совпадать с именем и типами данных любой другой обычной функции в той же схеме. Это же правило действует при перегрузке имён обычных функций (см. CREATE FUNCTION).

Простую агрегатную функцию образуют одна или две обычные функции: функция перехода состояния *функция_состояния* и необязательная функция окончательного вычисления *функция_завершения*. Они используются следующим образом:

```
функция_состояния( внутреннее-состояние, следующие-значения-данных ) ---> следующее-
внутреннее-состояние
функция_завершения( внутреннее-состояние ) ---> агрегатное_значение
```

PostgreSQL создаёт временную переменную типа *тип_данных_состояния* для хранения текущего внутреннего состояния агрегата. Затем для каждой поступающей строки вычисляются значения аргументов агрегата и вызывается функция перехода состояния с текущим значением состояния и полученными аргументами; эта функция вычисляет следующее внутреннее состояние. Когда таким образом будут обработаны все строки, вызывается завершающая функция, которая должна вычислить возвращаемое значение агрегата. Если функция завершения отсутствует, просто возвращается конечное значение состояния.

Агрегатная функция может определить начальное условие, то есть начальное значение для внутренней переменной состояния. Это значение задаётся и сохраняется в базе данных в виде строки типа *text*, но оно должно быть допустимым внешним представлением константы типа данных переменной состояния. По умолчанию начальным значением состояния считается NULL.

Если функция перехода состояния объявлена как «strict» (строгая), её нельзя вызывать с входными значениями NULL. В этом случае агрегатная функция выполняется следующим образом. Строки со значениями NULL игнорируются (функция перехода не вызывается и предыдущее значение состояния не меняется) и если начальное состояние равно NULL, то в первой же строке, в которой все входные значения не NULL, первый аргумент заменяет значение состояния, а функция перехода вызывается для каждой последующей строки, в которой все входные значения не NULL. Это поведение удобно для реализации таких агрегатных функций, как *max*. Заметьте, что такое поведение возможно, только если *тип_данных_состояния* совпадает с первым *типом_данных_аргумента*. Если же эти типы различаются, необходимо задать начальное условие не NULL или использовать нестрогую функцию перехода состояния.

Если функция перехода состояния не является строгой, она вызывается безусловно для каждой поступающей строки и должна сама обрабатывать вводимые значения и переменную состояния, равные NULL. Это позволяет разработчику агрегатной функции полностью управлять тем, как она воспринимает значения NULL.

Если функция завершения объявлена как «strict» (строгая), она не будет вызвана при конечном значении состояния, равном NULL; вместо этого автоматически возвращается результат NULL. (Разумеется, это вполне нормальное поведение для строгих функций.) Когда функция завершения вызывается, она в любом случае может вернуть значение NULL. Например, функция завершения для `avg` возвращает NULL, если определяет, что было обработано ноль строк.

Иногда бывает полезно объявить функцию завершения как принимающую не только состояние, но и дополнительные параметры, соответствующие входным данным агрегата. В основном это имеет смысл для полиморфных функций завершения, которым может быть недостаточно знать тип данных только переменной состояния, чтобы вывести тип результата. Эти дополнительные параметры всегда передаются как NULL (так что функция завершения не должна быть строгой, когда применяется `FINALFUNC_EXTRA`), но в остальном это обычные параметры. Функция завершения может выяснить фактические типы аргументов в текущем вызове, воспользовавшись системным вызовом `get_fn_expr_argtype`.

Агрегатная функция может дополнительно поддерживать *режим движущегося агрегата*, как описано в Подразделе 38.11.1. Для этого режима требуются параметры `MSFUNC`, `MINVFUNC` и `MSTYPE`, а также могут задаваться `MSPACE`, `MFINALFUNC`, `MFINALFUNC_EXTRA`, `MFINALFUNC_MODIFY` и `MINITCOND`. За исключением `MINVFUNC`, эти параметры работают как соответствующие параметры простого агрегата без начальной буквы `m`; они определяют отдельную реализацию агрегата, включающую функцию обратного перехода.

Если в список параметров добавлено указание `ORDER BY`, создаётся особый тип агрегата, называемый *сортирующим агрегатом*; с указанием `HYPOTHETICAL` создаётся *гипотезирующий агрегат*. Эти агрегаты работают с группами отсортированных значений и зависят от порядка сортировки, поэтому определение порядка сортировки входных данных является неотъемлемой частью их вызова. Кроме того, они могут иметь *непосредственные* аргументы, которые вычисляются единожды для всей процедуры агрегирования, а не для каждой поступающей строки. Гипотезирующие агрегаты представляют собой подкласс сортирующих агрегатов, в которых непосредственные аргументы должны совпадать, по количеству и типам данных, с агрегируемыми аргументами. Это позволяет добавить значения этих непосредственных аргументов в набор агрегируемых строк в качестве дополнительной «гипотетической» строки.

Агрегатная функция может дополнительно поддерживать *частичное агрегирование*, как описано в Подразделе 38.11.4. Для этого требуется задать параметр `COMBINEFUNC`. Если в качестве *типа данных состояния* выбран `internal`, обычно уместно также задать `SERIALFUNC` и `DESERIALFUNC`, чтобы было возможно параллельное агрегирование. Заметьте, что для параллельного агрегирования агрегатная функция также должна быть помечена как `PARALLEL SAFE` (безопасная для распараллеливания).

Агрегаты, работающие подобно `MIN` и `MAX`, иногда можно оптимизировать, заменив сканирование всех строк таблицы обращением к индексу. Если агрегат подлежит такой оптимизации, это можно указать, определив *оператор сортировки*. Основное требование при этом: агрегат должен выдавать в результате первый элемент по порядку сортировки, задаваемому оператором; другими словами:

```
SELECT agg(col) FROM tab;
```

должно быть равнозначно:

```
SELECT col FROM tab ORDER BY col USING sortop LIMIT 1;
```

Дополнительно предполагается, что агрегат игнорирует значения NULL и возвращает NULL, только если строк со значениями не NULL не нашлось. Обычно оператор `<` является подходящим оператором сортировки для `MIN`, а `>` — для `MAX`. Заметьте, что обращение к индексу может дать эффект,

только если заданный оператор реализует стратегию «меньше» или «больше» в классе операторов индекса-B-дерева.

Чтобы создать агрегатную функцию, необходимо иметь право `USAGE` для типов аргументов, типа(ов) состояния и типа результата, а также право `EXECUTE` для опорных функций.

Параметры

имя

Имя создаваемой агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` или `VARIADIC`. (Агрегатные функции не поддерживают выходные аргументы (`OUT`).) По умолчанию подразумевается `IN`. Режим `VARIADIC` может быть указан только последним.

имя_аргумента

Имя аргумента. В настоящее время используется только в целях документирования. Если опущено, соответствующий аргумент будет безымянным.

тип_данных_аргумента

Тип входных данных, с которым работает эта агрегатная функция. Для создания агрегатной функции без аргументов вставьте `*` вместо списка с определениями аргументов. (Пример такой агрегатной функции: `count (*)`.)

базовый_тип

В прежнем синтаксисе `CREATE AGGREGATE` тип входных данных задавался параметром `basetype`, а не записывался после имени агрегата. Это позволяло указать только один входной параметр. Чтобы определить функцию без аргументов, используя этот синтаксис, в качестве значения `basetype` нужно указать `"ANY"` (не `*`). Создать сортирующий агрегат старый синтаксис не позволял.

функция_состояния

Имя функции перехода состояния, вызываемой для каждой входной строки. Для обычных агрегатных функций с N аргументами, *функция_состояния* должна принимать $N+1$ аргумент, первый должен иметь тип *тип_данных_состояния*, а остальные — типы соответствующих входных данных. Возвращать она должна значение типа *тип_данных_состояния*. Эта функция принимает текущее значение состояния и текущие значения входных данных, и возвращает следующее значение состояния.

В сортирующих (и в том числе, гипотезирующих) агрегатах функция перехода состояния получает только текущее значение состояния и агрегируемые аргументы, без непосредственных аргументов. Других отличий у неё нет.

тип_данных_состояния

Тип данных значения состояния для агрегатной функции.

размер_данных_состояния

Средний размер значения состояния агрегата (в байтах). Если этот параметр опущен или равен нулю, применяемая оценка по умолчанию определяется по типу *тип_данных_состояния*. Планировщик использует это значение для оценивания объёма памяти, требуемому для агрегатного запроса с группировкой. Планировщик может применить агрегирование по хешу для такого запроса, только если хеш-таблица, судя по оценке, поместится в `work_mem`; таким образом, при больших значениях этого параметра агрегирование по хешу будет менее желательным.

функция_завершения

Имя функции завершения, вызываемой для вычисления результата агрегатной функции после обработки всех входных строк. Для обычного агрегата эта функция должна принимать единственный аргумент типа *тип_данных_состояния*. Возвращаемым типом агрегата будет тип, который возвращает эта функция. Если *функция_завершения* не указана, результатом агрегата будет конечное значение состояния, а типом результата — *тип_данных_состояния*.

В сортирующих (и в том числе, гипотезирующих) агрегатах функция завершения получает не только конечное значение состояния, но и значения всех непосредственных аргументов.

Если команда содержит указание `FINALFUNC_EXTRA`, то в дополнение к конечному значению состояния и всем непосредственным аргументам функция завершения получает добавочные значения `NULL`, соответствующие обычным (агрегируемым) аргументам агрегата. Это в основном полезно для правильного определения типа результата при создании полиморфной агрегатной функции.

`FINALFUNC_MODIFY = { READ_ONLY | SHAREABLE | READ_WRITE }`

Этот параметр указывает, является ли функция завершения чистой функцией, которая не изменяет свои аргументы. Это свойство функции передаёт значение `READ_ONLY`; два других значения показывают, что она может менять значение переходного состояния. Подробнее это рассматривается в Разделе «Замечания». По умолчанию подразумевается значение `READ_ONLY`, за исключением сортирующих агрегатов (для них значение по умолчанию — `READ_WRITE`).

комбинирующая_функция

Дополнительно может быть указана *комбинирующая_функция*, чтобы агрегатная функция поддерживала частичное агрегирование. Если задаётся, *комбинирующая_функция* должна комбинировать два значения *типа_данных_состояния*, содержащих результат агрегирования по некоторому подмножеству входных значений, и вычислять новое значение *типа_данных_состояния*, представляющее результат агрегирования по обоим множествам данных. Эту функцию можно считать своего рода *функцией_состояния*, которая вместо обработки отдельной входной строки и включения её данных в текущее агрегируемое состояние включает некоторое агрегированное состояние в текущее.

Указанная *комбинирующая_функция* должна быть объявлена как принимающая два аргумента *типа_данных_состояния* и возвращающая значение *типа_данных_состояния*. Эта функция дополнительно может быть объявлена «строгой». В этом случае данная функция не будет вызываться, когда одно из входных состояний — `NULL`; в качестве корректного результата будет выдано другое состояние.

Для агрегатных функций, у которых *тип_данных_состояния* — `internal`, *комбинирующая_функция* не должна быть «строгой». При этом *комбинирующая_функция* должна позаботиться о том, чтобы состояния `NULL` обрабатывались корректно и возвращаемое состояние располагалось в контексте памяти агрегирования.

функция_сериализации

Агрегатная функция, у которой *тип_данных_состояния* — `internal`, может участвовать в параллельном агрегировании, только если для неё задана *функция_сериализации*, которая должна сериализовать агрегатное состояние в значение `bytea` для передачи другому процессу. Эта функция должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип `bytea`. Также при этом нужно задать соответствующую *функцию_десериализации*.

функция_десериализации

Десериализует ранее сериализованное агрегатное состояние обратно в *тип_данных_состояния*. Эта функция должна принимать два аргумента типов `bytea` и `internal` и выдавать результат типа `internal`. (Замечание: второй аргумент типа `internal` не используется, но требуется из соображений типобезопасности.)

начальное_условие

Начальное значение переменной состояния. Оно должно задаваться строковой константой в форме, пригодной для ввода в *тип_данных_состояния*. Если не указано, начальным значением состояния будет NULL.

функция_состояния_движ

Имя функции прямого перехода состояния, вызываемой для каждой входной строки в режиме движущегося агрегата. Это точно такая же функция, как и обычная функция перехода, но её первый аргумент и результат имеют тип *тип_данных_состояния_движ*, который может отличаться от типа *тип_данных_состояния*.

обратная_функция_движ

Имя функции обратного перехода состояния, применяемой в режиме движущегося агрегата. У этой функции те же типы аргумента и результатов, что и у *функции_состояния_движ*, но она предназначена не для добавления, а для удаления значения из текущего состояния агрегата. Функция обратного перехода должна иметь ту же характеристику строгости, что и функция прямого перехода.

тип_данных_состояния_движ

Тип данных значения состояния для агрегатной функции в режиме движущегося агрегата.

размер_данных_состояния_движ

Примерный размер значения состояния в режиме движущегося агрегата. Он имеет то же значение, что и *размер_данных_состояния*.

функция_завершения_движ

Имя функции завершения, вызываемой в режиме движущегося агрегата для вычисления результата агрегатной функции после обработки всех входных строк. Она работает так же, как *функция_завершения*, но её первый аргумент имеет тип *тип_данных_состояния_движ*, а дополнительными пустыми аргументами управляет параметр *MFINALFUNC_EXTRA*. Тип результата, который определяет *функция_завершения_движ*, или *тип_данных_состояния_движ*, должен совпадать с типом результата обычной реализации агрегата.

MFINALFUNC_MODIFY = { *READ_ONLY* | *SHAREABLE* | *READ_WRITE* }

Этот параметр подобен *FINALFUNC_MODIFY*, но описывает поведение функции завершения для движущегося агрегата.

начальное_условие_движ

Начальное значение переменной состояния в режиме движущегося агрегата. Оно применяется так же, как *начальное_условие*.

оператор_сортировки

Связанный оператор сортировки для реализации агрегатов, подобных *MIN* или *MAX*. Здесь указывается просто имя оператора (возможно, дополненное схемой). Предполагается, что оператор поддерживает те же типы входных данных, что и агрегат (который должен быть обычным и иметь один аргумент).

PARALLEL = { *SAFE* | *RESTRICTED* | *UNSAFE* }

Указания *PARALLEL SAFE*, *PARALLEL RESTRICTED* и *PARALLEL UNSAFE* имеют те же значения, что и в *CREATE FUNCTION*. Агрегатная функция не будет считаться распараллеливаемой, если она имеет характеристику *PARALLEL UNSAFE* (она подразумевается по умолчанию!) или *PARALLEL RESTRICTED*. Заметьте, что планировщик не обращает внимание на допустимость распараллеливания опорных функций агрегата, а учитывает только характеристику самой агрегатной функции.

HYPOTHETICAL

Этот признак, допустимый только для сортирующих агрегатов, указывает, что агрегатные аргументы должны обрабатываться согласно требованиям гипотезирующих агрегатов: то есть последние несколько непосредственных аргументов должны соответствовать по типам агрегатным аргументам (`WITHIN GROUP`). Признак `HYPOTHETICAL` не влияет на поведение во время выполнения, он учитывается только при разрешении типов данных и правил сортировки аргументов.

Параметры `CREATE AGGREGATE` могут записываться в любом порядке, не обязательно так, как показано выше.

Замечания

В параметрах, определяющих имена вспомогательных функций, при необходимости можно написать имя схемы, например: `SFUNC = public.sum`. Однако типы аргументов там не указываются — типы аргументов вспомогательных функций определяются другими параметрами.

Обычно функции PostgreSQL должны быть действительно функциями, не меняющими свои входные значения. Однако функциям агрегатного перехода, *используемым в контексте агрегатной функции*, разрешено действовать хитрее и изменять аргумент с переходным состоянием на месте. Это может дать значительный выигрыш в скорости по сравнению с созданием новой копии переходного состояния при каждом вызове.

Подобным образом, хотя функция завершения агрегата обычно не должна изменять свои входные значения, иногда может быть полезно допустить изменение аргумента с переходным состоянием. Соответствующее поведение должно обозначаться параметром `FINALFUNC_MODIFY`. Его значение `READ_WRITE` показывает, что функция завершения модифицирует переходное состояние неопределённым образом. При этом значении предотвращается использование агрегата в качестве оконной функции, а также не допускается объединение переходных состояний при вызове агрегатов с одинаковыми входными данными и функциями перехода. Значение `SHAREABLE` указывает, что функцию перехода нельзя применять после функции завершения, но с конечным значением состояния могут быть выполнены несколько вызовов функции завершения. При этом значении предотвращается использование агрегата в качестве оконной функции, но переходные состояния могут объединяться. (То есть оптимизация в данном случае состоит не в многократном применении одной функции завершения, а в применении различных функций завершения к одному и тому же конечному переходному состоянию. Это допускается, только если ни одна из функций завершения не помечена как `READ_WRITE`.)

Если агрегатная функция поддерживает режим движущегося агрегата, это увеличивает эффективность вычислений, когда она применяется в качестве оконной функции для окна с движущимся началом рамки (то есть, когда начало определяется не как `UNBOUNDED PRECEDING`). По сути, функция прямого перехода добавляет входные значения к состоянию агрегата, когда они поступают в рамку окна снизу, а функция обратного перехода снова вычитает их, когда они покидают рамку сверху. Поэтому вычитаются значения в том же порядке, в каком добавлялись. Когда бы ни вызывалась функция обратного перехода, она таким образом получит первое из добавленных, но ещё не удалённых значений аргумента. Функция обратного перехода может рассчитывать на то, что после того, как она удалит самые старые данные, в текущем состоянии останется ещё как минимум одна строка. (Когда это правило могло бы нарушиться, механизм оконных функций просто начинает агрегировать данные заново, а не вызывает функцию обратного перехода.)

Функция прямого перехода для режима движущегося агрегата не может возвращать `NULL` в качестве нового значения состояния. Если `NULL` возвращает функция обратного перехода, это показывает, что она не может произвести обратное вычисление для этих конкретных данных, и что вычисление агрегата следует выполнить заново от начальной позиции текущей рамки. Благодаря этому соглашению, режим движущегося агрегата можно использовать, даже если иногда возникают ситуации, в которых обратный расчёт состояния производить непрактично.

Агрегатную функцию можно использовать с движущимися рамками и без реализации движущегося агрегата, но при этом PostgreSQL будет заново агрегировать все данные при каждом перемещении начала рамки. Заметьте, что вне зависимости от того, поддерживает ли агрегатная функция

режим движущегося агрегата, PostgreSQL может обойтись без повторных вычислений при сдвиге конца рамки; новые значения просто продолжают добавляться в состояние агрегата. Именно поэтому для использования агрегата в качестве оконной функции требуется, чтобы функция завершения была только читающей: она не должна изменять значение состояния агрегата, чтобы агрегирование могло продолжаться и после получения результата для набора строк в определённой рамке.

Синтаксис сортирующих агрегатных функций позволяет указать `VARIADIC` и в последнем непосредственном параметре, и в последнем агрегатном (`WITHIN GROUP`). Однако в текущей реализации на применение `VARIADIC` накладываются два ограничения. Во-первых, в сортирующих агрегатах можно использовать только `VARIADIC "any"`, но не другие типы переменных массивов. Во-вторых, если последним непосредственным аргументом является `VARIADIC "any"`, то допускается только один агрегатный аргумент и это тоже должен быть `VARIADIC "any"`. (В представлении, используемом в системных каталогах, эти два параметра объединяются в один элемент `VARIADIC "any"`, так как в `pg_proc` нельзя представить функцию с несколькими параметрами `VARIADIC`.) Если агрегатная функция является гипотезирующей, непосредственные аргументы, соответствующие параметру `VARIADIC "any"`, будут гипотетическими; любые предшествующие параметры представляют дополнительные непосредственные аргументы, которые могут не соответствовать агрегатным.

В настоящее время сортирующие агрегатные функции не поддерживают режим движущегося агрегата, так как их нельзя применять в качестве оконных функций.

Частичное (в том числе, параллельное) агрегирование в настоящее время не поддерживается для сортирующих агрегатных функций. Также оно никогда не будет применяться для агрегатных вызовов с предложениями `DISTINCT` или `ORDER BY`, так как они по природе своей не могут быть реализованы с частичным агрегированием.

Примеры

См. Раздел 38.11.

Совместимость

Оператор `CREATE AGGREGATE` является языковым расширением PostgreSQL. В стандарте SQL не предусмотрено создание пользовательских агрегатных функций.

См. также

`ALTER AGGREGATE`, `DROP AGGREGATE`

CREATE CAST

CREATE CAST — создать приведение

Синтаксис

```
CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
  WITH FUNCTION имя_функции [ (тип_аргумента [, ...]) ]
  [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]
```

```
CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
  WITHOUT FUNCTION
  [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]
```

```
CREATE CAST (исходный_тип AS целевой_тип)
  WITH INOUT
  [ AS ASSIGNMENT | AS IMPLICIT ]
```

Описание

CREATE CAST создаёт новое приведение. Приведение определяет, как выполнить преобразование из одного типа в другой. Например,

```
SELECT CAST(42 AS float8);
```

преобразует целочисленную константу 42 к типу float8, вызывая ранее определённую функцию, в данном случае float8(int4). (Если подходящее приведение не определено, возникнет ошибка преобразования.)

Два типа могут быть *двоично-сводимыми*; это означает, что преобразование может быть выполнено «бесплатно», без вызова какой-либо функции. Для этого требуется, чтобы соответствующие значения имели одинаковое внутреннее представление. Например, типы text и varchar двоично-сводимые в обе стороны. Отношение двоичной сводимости не обязательно симметрично. Например, приведение типа xml к типу text в текущей реализации можно выполнить бесплатно, но для преобразования в обратном направлении требуется функция, выполняющая как минимум синтаксическую проверку. (Два типа, двоично-сводимые в обе стороны, также называются двоично-совместимыми.)

Приведение можно определить как *преобразование ввода/вывода*, используя указание WITH INOUT. В этом случае для приведения одного типа к другому вызывается функция вывода исходного типа данных, а выданная ей строка передаётся функции ввода целевого типа. Во многих случаях эта возможность избавляет от необходимости писать для преобразования всех типов отдельные функции приведения. Преобразование ввода/вывода работает так же, как и обычное приведение с функцией; отличается только реализация.

По умолчанию, приведение можно вызвать, только записав его явно, то есть применив конструкцию CAST(x AS имя_типа) или x::имя_типа.

Если приведение помечено AS ASSIGNMENT, его можно вызывать неявно, присваивая значение столбцу с целевым типом данных. Например, если foo.f1 — столбец типа text, то команда:

```
INSERT INTO foo (f1) VALUES (42);
```

будет допустимой, если приведение типа integer к text помечено AS ASSIGNMENT, и не будет в противном случае. (Для описания такого типа приведений мы обычно используем термин *приведение присваивания*.)

Если приведение помечено AS IMPLICIT, оно будет вызываться неявно в любом контексте, будь то присваивание или внутреннее преобразование в выражении. (Обычно мы называем приведение такого типа *неявным приведением*.) Например, рассмотрите этот запрос:

```
SELECT 2 + 4.0;
```

При разборе запроса константам сначала назначаются типы `integer` и `numeric`. Однако в системных каталогах нет оператора `integer + numeric`, хотя есть оператор `numeric + numeric`. Таким образом, запрос выполнится успешно, если существует преобразование типа `integer` к `numeric` с пометкой `AS IMPLICIT` — и на самом деле это так. Анализатор запроса применит неявное приведение и запрос будет обработан, как если бы он был записан в виде

```
SELECT CAST ( 2 AS numeric ) + 4.0;
```

Системные каталоги также содержат приведение типа `numeric` к `integer`. Если бы это приведение тоже было бы помечено `AS IMPLICIT` (на самом деле это не так), анализатору запроса пришлось бы выбирать между предыдущим вариантом и приведением константы `numeric` к типу `integer` с последующим применением оператора `integer + integer`. Не имея возможности выбрать лучший вариант, анализатор бы не смог разрешить запрос и объявил бы его неоднозначным. Именно благодаря тому, что только одно из двух приведений сделано неявным, анализатор приходит к понятию, что предпочтительным является преобразование выражения `numeric-и-integer` в `numeric`; отдельного встроенного знания об этом нет.

Определяя, объявлять ли приведения неявными, разумно проявлять консерватизм. При чрезмерном количестве способов неявного приведения PostgreSQL может выбирать неожиданные интерпретации команд, или вовсе не сможет выполнить команды из-за наличия множества возможных интерпретаций. Как правило, следует делать приведение неявно вызываемым только для преобразований, сохраняющих информацию, между типами в одной общей категории типов. Например, приведение `int2` к `int4` разумно сделать неявным, но приведение `float8` к `int4`, возможно, лучше сделать только приведением присваивания. Приведения типов разных категорий, например, `text` к `int4`, лучше делать только явными.

Примечание

Иногда ради удобства или соответствия стандартам требуется ввести множество неявных преобразований для нескольких типов, что приводит к неизбежной неоднозначности. Чтобы анализатор запроса мог обеспечить желаемое поведение в таких случаях, он дополнительно принимает во внимание *категории типов* и *предпочитаемые типы*. Подробнее это описано в `CREATE TYPE`.

Чтобы создать приведение, необходимо быть владельцем одного (исходного или целевого) типа и иметь право `USAGE` для другого типа. Создать двоично-сводимое приведение могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что преобразование данных с ошибочным двоичным сведением может легко вызывать сбой сервера.)

Параметры

исходный_тип

Имя исходного типа данных для приведения.

целевой_тип

Имя целевого типа данных для приведения.

имя_функции[(тип_аргумента [, ...])]

Функция, вызываемая для выполнения приведения. Имя функции может быть дополнено схемой; в противном случае для поиска функции просматривается путь поиска. Тип данных результата должен соответствовать целевому типу приведения. Аргументы функции рассматриваются ниже. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

WITHOUT FUNCTION

Обозначает, что исходный тип сводится к целевому на двоичном уровне, так что функция для приведения не требуется.

WITH INOUT

Обозначает, что приведение выполняется как преобразование ввода/вывода, то есть вызывается функция вывода исходного типа данных, а её результат-строка передаётся функции ввода целевого типа.

AS ASSIGNMENT

Обозначает, что приведение может вызываться неявно в контексте присваивания.

AS IMPLICIT

Обозначает, что приведение может вызываться неявно в любом контексте.

Функции, реализующие приведение, могут иметь от одного до трёх аргументов. Тип первого аргумента должен быть идентичен или двоично-сводимым к исходному типу приведения. Второй аргумент, если он есть, должен иметь тип `integer`; в нём передаётся модификатор типа, связанный с целевым типом, или `-1`, если он отсутствует. Третий аргумент, если он есть, должен иметь тип `boolean`; в нём передаётся `true`, если приведение выполняется явно, либо `false` в противном случае. (Это довольно экстравагантно, но стандарт SQL предусматривает разное поведение для явного и неявного приведения в некоторых случаях. Этот аргумент предназначен для функций, которые должны реализовывать такие приведения. Однако создавать собственные типы данных, для которых это имело бы значение, не рекомендуется.)

Возвращаемый тип функции приведения должен быть идентичным или двоично-сводимым к целевому типу приведения.

Обычно исходный и целевой типы в приведении различаются, однако можно объявить приведение одного типа к такому же, если функция, реализующая преобразование, имеет более одного аргумента. Это используется для представления в системных каталогах функций, сводящих разные длины типов. Реализующая такое приведение функция будет сводить значение типа к значению с определённым модификатором, заданному вторым аргументом.

Когда исходный и целевой типы приведения различаются и функция принимает более одного аргумента, преобразование типа из одного в другой и сведение к нужной длине может выполняться за один шаг. Если же соответствующей записи не находится, приведение к типу с определённым модификатором выполняется в два этапа: сначала выполняется преобразование типа, а затем применяется модификатор типа.

Приведение типа домена или к типу домена в настоящее время не осуществляется. При попытке выполнить такое приведение вместо него выполняется приведение, связанное с базовым типом домена.

Замечания

Для удаления приведений, созданных пользователем, применяется `DROP CAST`.

Помните, что когда требуется преобразовывать типы в обе стороны, необходимо явно описать два приведения.

Обычно не требуется создавать приведения между пользовательскими типами и стандартными строковыми типами (`text`, `varchar` и `char(n)`), а также пользовательскими типами, относящимися к категории строковых). Для них PostgreSQL предоставляет автоматическое преобразование ввода/вывода. Автоматические приведения к строковым типам считаются приведениями присваивания, а автоматические приведения строковых типов к другим могут быть только явными. Это поведение можно переопределить, создав собственное приведение, заменяющее автоматическое, но

обычно это нужно, только чтобы сделать вызов более удобным, чем стандартное только присваивание или явное указание. Возможен и другой повод для такого переопределения — желание создать приведение, работающее не так, как функция ввода/вывода типа; но это настолько удивительно, что следует дважды подумать, хороша ли эта идея. (На самом деле у небольшого количества встроенных типов имеются подобные специфические приведения, в основном из-за требований стандарта SQL.)

Хотя это и не обязательно, но рекомендуется следовать старому соглашению называть функции, реализующие приведение, по целевому типу данных. Многие привыкли выполнять преобразование типов данных, записывая его в стиле функций, т. е. *имя_типа(x)*. Эта запись на самом деле ни больше ни меньше как просто вызов функции, реализующей приведение; такой вызов не воспринимается как именно приведение. Если называть функции, не следуя этому соглашению, это может оказаться неожиданным для пользователей. Так как PostgreSQL позволяет перегружать одно и то же имя функции с разными типами аргументов, ничто не мешает создать множество функций приведения разных типов к одному, названных по имени этого целевого типа.

Примечание

Вообще говоря, в предыдущем абзаце допущено некоторое упрощение: есть два случая, когда конструкция с вызовом функции выполняется как приведение, без сопоставления с фактической функцией. Если вызову функции *имя(x)* в точности не соответствует существующая функция, но имеется тип данных *имя* и в `pg_cast` есть двоично-сводимое приведение типа *x* к этому типу, такой вызов будет воспринят как приведение. Это исключение введено, чтобы двоично-сводимое приведение можно было вызывать, используя синтаксис функций, несмотря на то, что никакой функции преобразования у него нет. Аналогично, если запись приведения в `pg_cast` отсутствует, но в случае приведения это было бы преобразование в/из строкового типа, такой вызов будет выполнен как преобразование ввода/вывода. Это исключение позволяет вызывать преобразование ввода/вывода, используя синтаксис вызова функции.

Примечание

Но есть исключение и из этого исключения: преобразование ввода/вывода из составных типов в строковые нельзя вызвать в виде функции, его необходимо записать как явное приведение (используя `CAST` или запись `::`). Это исключение было добавлено, потому что после введения автоматически предоставляемых преобразований ввода/вывода, оказалось слишком легко случайно вызвать такое приведение, тогда как имелась в виду ссылка на столбец или функцию.

Примеры

Создание приведения присваивания типа `bigint` к типу `int4` с помощью функции `int4(bigint)`:

```
CREATE CAST (bigint AS int4) WITH FUNCTION int4(bigint) AS ASSIGNMENT;
```

(Это приведение уже предопределено в системе.)

Совместимость

Команда `CREATE CAST` соответствует стандарту SQL, за исключением того, что в стандарте ничего не говорится о двоично-сводимых типах и дополнительных аргументах реализующих функций. Указание `AS IMPLICIT` тоже является расширением PostgreSQL.

См. также

`CREATE FUNCTION`, `CREATE TYPE`, `DROP CAST`

CREATE COLLATION

CREATE COLLATION — создать правило сортировки

Синтаксис

```
CREATE COLLATION [ IF NOT EXISTS ] имя (
    [ LOCALE = локаль, ]
    [ LC_COLLATE = категория_сортировки, ]
    [ LC_CTYPE = категория_типов_символов, ]
    [ PROVIDER = провайдер, ]
    [ VERSION = версия ]
)
CREATE COLLATION [ IF NOT EXISTS ] имя FROM существующее_правило
```

Описание

CREATE COLLATION определяет новое правило сортировки, используя параметры локали операционной системы, либо копируя существующее правило.

Чтобы создать правило сортировки, необходимо иметь право CREATE в целевой схеме.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если правило сортировки с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее правило сортировки как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя

Имя правила сортировки, возможно, дополненное схемой. Если схема не указана, правило сортировки создаётся в текущей схеме. Заданное имя правила должно быть уникальным в этой схеме. (Системные каталоги могут содержать правила сортировки с одним именем, но предназначенные для разных кодировок, однако они будут игнорироваться, если их кодировка не совпадает с кодировкой базы данных.)

локаль

Это краткая запись для одновременной установки LC_COLLATE и LC_CTYPE. Если указан этот вариант, задать любой из этих параметров отдельно нельзя.

категория_сортировки

Указанная локаль операционной системы устанавливается в качестве категории локали LC_COLLATE.

категория_типов_символов

Указанная локаль операционной системы устанавливается в качестве категории локали LC_CTYPE.

провайдер

Задаёт провайдер, который будет использоваться для функций локализации, связанных с данным правилом сортировки. Возможные значения: `icu`, `libc`. По умолчанию выбирается `libc`. Набор доступных значений зависит от операционной системы и параметров сборки.

версия

Задаёт строку версии, сохраняемую с правилом сортировки. Обычно её не следует задавать — тогда эта версия будет получена из фактической версии правила сортировки, сообщённой опе-

рационной системой. Это указание предназначено для того, чтобы команда `pg_upgrade` смогла скопировать версию из существующей инсталляции.

Что делать при несовпадении версий правил сортировки, описано в `ALTER COLLATION`.

существующее_правило

Имя копируемого существующего правила сортировки. Новое правило сортировки получит те же свойства, что и существующее, но будет независимым объектом.

Замечания

Для удаления созданных пользователем правил сортировки применяется команда `DROP COLLATION`.

Подробнее узнать о создании правил сортировки можно в Подразделе 23.2.2.3.

Когда используется провайдер `libc`, локаль должна быть применимой к кодировке текущей базы данных. Точные правила описаны в `CREATE DATABASE`.

Примеры

Создание правила сортировки из локали операционной системы `fr_FR.utf8` (предполагается, что кодировка текущей базы данных — UTF8):

```
CREATE COLLATION french (locale = 'fr_FR.utf8');
```

Создание правила сортировки с порядком, принятым в Германии для телефонных книг, с использование провайдера ICU:

```
CREATE COLLATION german_phonebook (provider = icu, locale = 'de-u-co-phonebk');
```

Создание правила сортировки из уже существующего:

```
CREATE COLLATION german FROM "de_DE";
```

Иногда удобно использовать в приложениях имена правил сортировки, не зависящие от операционной системы.

Совместимость

Оператор `CREATE COLLATION` определён в стандарте SQL, но его действие ограничено копированием существующего правила сортировки. Синтаксис создания нового правила сортировки представляет собой расширение PostgreSQL.

См. также

`ALTER COLLATION`, `DROP COLLATION`

CREATE CONVERSION

CREATE CONVERSION — создать перекодировку

Синтаксис

```
CREATE [ DEFAULT ] CONVERSION имя  
FOR исходная_кодировка TO целевая_кодировка FROM имя_функции
```

Описание

CREATE CONVERSION определяет новую перекодировку наборов символов. Кроме того, перекодировки, помеченные как DEFAULT, могут применяться для автоматического преобразования кодировки между клиентом и сервером. Для такого применения должны быть определены две перекодировки: из кодировки A в B и из кодировки B в A.

Чтобы создать перекодировку, необходимо иметь право EXECUTE для реализующей функции и право CREATE в целевой схеме.

Параметры

DEFAULT

Предложение DEFAULT показывает, что эта перекодировка должна использоваться по умолчанию для преобразования заданной исходной кодировки в целевую. Для каждой пары кодировок может быть только одна перекодировка по умолчанию.

имя

Имя перекодировки, возможно, дополненное схемой. Если схема не указана, перекодировка создаётся в текущей схеме. Имя перекодировки должно быть уникально в этой схеме.

исходная_кодировка

Имя исходной кодировки.

целевая_кодировка

Имя целевой кодировки.

имя_функции

Функция, выполняющая перекодирование. Имя функции может быть дополнено схемой, в противном случае для поиска функции просматривается путь поиска.

Функция должна иметь следующую сигнатуру:

```
conv_proc (  
    integer, -- идентификатор исходной кодировки  
    integer, -- идентификатор целевой кодировки  
    cstring, -- исходная строка (строка, завершающаяся 0, как в C)  
    internal, -- целевая строка (заполняется строкой, завершающейся 0, как в C)  
    integer -- длина исходной строки  
) RETURNS void;
```

Замечания

Для удаления перекодировок, созданных пользователем, применяется DROP CONVERSION.

Набор прав, требуемых для создания перекодировки, может измениться в будущих версиях.

Примеры

Создание перекодировки из кодировки UTF8 в LATIN1 с использованием функции myfunc:

```
CREATE CONVERSION myconv FOR 'UTF8' TO 'LATIN1' FROM myfunc;
```

Совместимость

Оператор `CREATE CONVERSION` является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL отсутствует оператор `CREATE CONVERSION`, но есть очень похожий по предназначению и синтаксису оператор `CREATE TRANSLATION`.

См. также

`ALTER CONVERSION`, `CREATE FUNCTION`, `DROP CONVERSION`

CREATE DATABASE

CREATE DATABASE — создать базу данных

Синтаксис

```
CREATE DATABASE имя
[ [ WITH ] [ OWNER [=] имя_пользователя ]
  [ TEMPLATE [=] шаблон ]
  [ ENCODING [=] кодировка ]
  [ LC_COLLATE [=] категория_сортировки ]
  [ LC_CTYPE [=] категория_типов_символов ]
  [ TABLESPACE [=] табл_пространство ]
  [ ALLOW_CONNECTIONS [=] разр_подключения ]
  [ CONNECTION LIMIT [=] предел_подключений ]
  [ IS_TEMPLATE [=] это_шаблон ] ]
```

Описание

Команда CREATE DATABASE создаёт базу данных PostgreSQL.

Чтобы создать базу данных, необходимо быть суперпользователем или иметь специальное право CREATEDB. См. CREATE ROLE.

По умолчанию новая база данных создаётся копированием стандартной системной базы данных template1. Задать другой шаблон можно, добавив указание TEMPLATE *имя*. В частности, написав TEMPLATE template0, можно создать девственно чистую базу данных, содержащую только стандартные объекты, предопределённые установленной версией PostgreSQL. Это бывает полезно, когда копировать в новую базу любые дополнительные объекты, добавленные локально в template1, нежелательно.

Параметры

имя

Имя создаваемой базы данных.

имя_пользователя

Имя пользователя (роли), назначаемого владельцем новой базы данных, либо DEFAULT, чтобы владельцем стал пользователь по умолчанию (а именно, пользователь, выполняющий команду). Чтобы создать базу данных и сделать её владельцем другую роль, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом этой роли, либо суперпользователем.

шаблон

Имя шаблона, из которого будет создаваться новая база данных, либо DEFAULT, чтобы выбрать шаблон по умолчанию (template1).

кодировка

Кодировка символов в новой базе данных. Укажите строковую константу (например, 'SQL_ASCII') или целочисленный номер кодировки, либо DEFAULT, чтобы выбрать кодировку по умолчанию (а именно, кодировку шаблона). Наборы символов, которые поддерживает PostgreSQL, перечислены в Подразделе 23.3.1. Дополнительные ограничения описаны ниже.

категория_сортировки

Порядок сортировки (LC_COLLATE), который будет использоваться в новой базе данных. Этот параметр определяет порядок сортировки строк, например, в запросах с ORDER BY, а также

порядок индексов по текстовым столбцам. По умолчанию используется порядок сортировки, установленный в шаблоне. Дополнительные ограничения описаны ниже.

категория_типов_символов

Классификация символов (LC_STYPE), которая будет применяться в новой базе данных. Этот параметр определяет принадлежность символов категориям, например: строчные, заглавные, цифры и т. п. По умолчанию используется классификация символов, установленная в шаблоне. Дополнительные ограничения описаны ниже.

табл_пространство

Имя табличного пространства, связываемого с новой базой данных, или DEFAULT для использования табличного пространства шаблона. Это табличное пространство будет использоваться по умолчанию для объектов, создаваемых в этой базе. За подробностями обратитесь к CREATE TABLESPACE.

разр_подключения

Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных. По умолчанию имеет значение true, то есть подключения принимаются (если не ограничиваются другими механизмами, например, GRANT/REVOKE CONNECT).

предел_подключений

Максимальное количество одновременных подключений к этой базе данных. Значение -1 (по умолчанию) снимает ограничение.

это_шаблон

Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами CREATEDB; в противном случае (по умолчанию), клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.

Дополнительные параметры могут записываться в любом порядке, не обязательно так, как показано выше.

Замечания

CREATE DATABASE нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Ошибки, содержащие сообщение «не удалось инициализировать каталог базы данных», чаще всего связаны с нехваткой прав в каталоге данных, заполнением диска или другими проблемами в файловой системе.

Для удаления базы данных применяется DROP DATABASE.

Программа createdb представляет собой оболочку этой команды, созданную ради удобства.

Конфигурационные параметры уровня базы данных (устанавливаемые командой ALTER DATABASE) из шаблона в новую базу данных не копируются.

Хотя с помощью этой команды можно скопировать любую базу данных, а не только template1, указав её имя в качестве имени шаблона, она не предназначена (пока) для использования в качестве универсального средства вроде «COPY DATABASE». Принципиальным ограничением является невозможность копирования базы данных шаблона, если установлены другие подключения к ней. CREATE DATABASE выдаёт ошибку, если при запуске команды есть другие подключения к этой базе; в противном случае новые подключения к базе блокируются до завершения команды CREATE DATABASE. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 22.3.

Кодировка символов, указанная для новой базы данных, должна быть совместима с выбранными параметрами локали (LC_COLLATE и LC_STYPE). Если выбрана локаль C (или равнозначная ей POSIX),

допускаются все кодировки, но для других локалей правильно будет работать только одна кодировка. (В Windows, однако, кодировку UTF-8 можно использовать с любой локалью.) `CREATE DATABASE` позволяет суперпользователям указать кодировку `SQL_ASCII` вне зависимости от локали, но этот вариант считается устаревшим и может привести к ошибочному поведению строковых функций, если в базе хранятся данные в кодировке, несовместимой с заданной локалью.

Параметры локали и кодировка должны соответствовать тем, что установлены в шаблоне, если только это не `template0`. Это ограничение объясняется тем, что другие базы данных могут содержать данные в кодировке, отличной от заданной, или индексы, порядок сортировки которых определяются параметрами `LC_COLLATE` и `LC_CTYPE`. При копировании таких данных получится база, которая будет испорченной согласно новым параметрам локали. Однако `template0` определённо не содержит какие-либо данные или индексы, зависящие от кодировки или локали.

Ограничение `CONNECTION LIMIT` действует только приблизительно; если одновременно запускаются два сеанса, тогда как в базе остаётся только одно «свободное место», может так случиться, что будут отклонены оба подключения. Кроме того, это ограничение не распространяется на суперпользователей и фоновые рабочие процессы.

Примеры

Создание базы данных:

```
CREATE DATABASE lusiadas;
```

Создание базы данных `sales`, принадлежащей пользователю `salesapp`, с табличным пространством по умолчанию `salesspace`:

```
CREATE DATABASE sales OWNER salesapp TABLESPACE salesspace;
```

Создание базы данных `music` с другой локалью:

```
CREATE DATABASE music
    LC_COLLATE 'sv_SE.utf8' LC_CTYPE 'sv_SE.utf8'
    TEMPLATE template0;
```

В этом примере предложение `TEMPLATE template0` необходимо, только если указанная локаль отличается от локали в `template1`. (В противном случае явное указание локали является избыточным.)

Создание базы данных `music2` с другой локалью и другой кодировкой символов:

```
CREATE DATABASE music2
    LC_COLLATE 'sv_SE.iso885915' LC_CTYPE 'sv_SE.iso885915'
    ENCODING LATIN9
    TEMPLATE template0;
```

Свойства кодировки должны соответствовать локали, иначе возникнет ошибка.

Заметьте, что имена локалей зависят от операционной системы, так что показанные выше команды могут не везде работать одинаково.

Совместимость

Оператор `CREATE DATABASE` отсутствует в стандарте SQL. Базы данных равнозначны каталогам, а их создание в стандарте определяется реализацией.

См. также

`ALTER DATABASE`, `DROP DATABASE`

CREATE DOMAIN

CREATE DOMAIN — создать домен

Синтаксис

```
CREATE DOMAIN имя [ AS ] тип_данных  
    [ COLLATE правило_сортировки ]  
    [ DEFAULT выражение ]  
    [ ограничение [ ... ] ]
```

Здесь *ограничение*:

```
[ CONSTRAINT имя_ограничения ]  
{ NOT NULL | NULL | CHECK (выражение) }
```

Описание

CREATE DOMAIN создаёт новый домен. Домен по сути представляет собой тип данных с дополнительными условиями (ограничивающими допустимый набор значений). Владелец домена становится пользователь его создавший.

Если задаётся имя схемы (например, CREATE DOMAIN myschema.mydomain ...), домен создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Имя домена должно быть уникальным среди имён типов и доменов, существующих в этой схеме.

Домены полезны для абстрагирования и вынесения общих характеристик разных полей в единое место для упрощения сопровождения. Например, в нескольких таблицах может присутствовать столбец, содержащий электронный адрес, и для всех требуются одинаковые ограничения CHECK, проверяющие синтаксис адреса. В этом случае лучше определить домен, а не задавать для каждой таблицы отдельные ограничения.

Чтобы создать домен, необходимо иметь право USAGE для нижележащего типа.

Параметры

имя

Имя создаваемого домена (возможно, дополненное схемой).

тип_данных

Нижележащий тип данных домена (может включать определение массива с этим типом).

правило_сортировки

Необязательное указание правила сортировки для домена. Если это указание отсутствует, используется правило сортировки по умолчанию нижележащего типа данных. Указать COLLATE можно, только если нижележащий тип данных является сортируемым.

DEFAULT *выражение*

Предложение DEFAULT определяет значение по умолчанию для столбцов, типом данных которых является этот домен. Значением может быть любое выражение без переменных (подзапросы также не допускаются). Тип данных этого выражения должен соответствовать типу данных домена. Если значение по умолчанию не указано, им будет значение NULL.

Значение по умолчанию будет использоваться в любой операции добавления строк, в которой не задано значение для этого столбца. Если значение по умолчанию установлено для конкретного столбца, оно будет переопределять значение по умолчанию, связанное с доменом. В свою

очередь, значение по умолчанию для домена переопределяет любое значение по умолчанию, связанное с нижележащим типом данных.

CONSTRAINT *имя_ограничения*

Имя ограничения. Если не указано явно, имя будет сгенерировано системой.

NOT NULL

Значения этого домена будут отличны от NULL (но см. замечания ниже).

NULL

Этот домен может содержать значение NULL. Это свойство домена по умолчанию.

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

CHECK (*выражение*)

Предложения **CHECK** задают ограничения целостности или проверки, которым должны удовлетворять значения домена. Каждое ограничение должно представлять собой выражение, выдающее результат типа Boolean. Проверяемое значение в этом выражении обозначается ключевым словом **VALUE**. Если выражение выдаёт **FALSE**, сообщается об ошибке и приведение значения к типу домена запрещается.

В настоящее время выражения **CHECK** не могут содержать переменные, кроме **VALUE**, и подзапросы.

Когда для домена задано несколько ограничений **CHECK**, они будут проверяться в алфавитном порядке имён. (До версии 9.5 в PostgreSQL не было установлено никакого определённого порядка обработки ограничений **CHECK**.)

Замечания

Ограничения домена, в частности **NOT NULL**, проверяются при преобразовании значения к типу домена. Однако из столбца, который номинально имеет тип домена, всё же можно прочесть **NULL**, несмотря на такое ограничение. Например, это может происходить в запросе внешнего соединения, если столбец домена окажется в обнуляемой стороне внешнего соединения. Более тонкий пример:

```
INSERT INTO tab (domcol) VALUES ((SELECT domcol FROM tab WHERE false));
```

Пустой скалярный вложенный **SELECT** выдаст значение **NULL**, типом которого будет считаться домен, так что к этому значению не будут применены дополнительные проверки ограничений и строка будет успешно добавлена.

Избежать таких проблем очень сложно, так как в SQL вообще предполагается, что значение **NULL** является подходящим для любого типа данных. Таким образом, лучше всего разрабатывать ограничения так, чтобы значения **NULL** допускались, а затем при необходимости применять ограничения **NOT NULL** к столбцам доменного типа, а не непосредственно к самому этому типу.

Примеры

В этом примере создаётся тип данных `us_postal_code` (почтовый индекс США), который затем используется в определении таблицы. Для проверки значения на соответствие формату почтовых индексов США применяется проверка с регулярными выражениями:

```
CREATE DOMAIN us_postal_code AS TEXT
CHECK (
    VALUE ~ '^\\d{5}$'
OR VALUE ~ '^\\d{5}-\\d{4}$'
);
```

```
CREATE TABLE us_snail_addy (  
    address_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    street1 TEXT NOT NULL,  
    street2 TEXT,  
    street3 TEXT,  
    city TEXT NOT NULL,  
    postal us_postal_code NOT NULL  
);
```

Совместимость

Команда CREATE DOMAIN соответствует стандарту SQL.

См. также

ALTER DOMAIN, DROP DOMAIN

CREATE EVENT TRIGGER

CREATE EVENT TRIGGER — создать событийный триггер

Синтаксис

```
CREATE EVENT TRIGGER имя
ON событие
[ WHEN переменная_фильтра IN (filter_value [, ... ]) [ AND ... ] ]
EXECUTE { FUNCTION | PROCEDURE } имя_функции()
```

Описание

CREATE EVENT TRIGGER создаёт новый событийный триггер. Функция триггера выполняется, когда происходит указанное событие и удовлетворяется связанное с триггером условие WHEN (если такое имеется). За вводной информацией по триггерам обратитесь к Главе 40. Владелец триггера становится пользователь его создавший.

Параметры

имя

Имя, назначаемое новому триггеру. Это имя должно быть уникальным в базе данных.

событие

Имя события, при котором срабатывает триггер и вызывается заданная функция. Подробнее об именах событий можно узнать в Разделе 40.1.

переменная_фильтра

Имя переменной, применяемой для фильтрации событий. Это указание позволяет ограничить срабатывание триггера подмножеством случаев, в которых он поддерживается. В настоящее время единственно возможное значение параметра *переменная_фильтра* — TAG.

значение_фильтра

Список значений связанного параметра *переменная_фильтра*, для которых должен срабатывать триггер. Для переменной TAG это список меток команд (например, 'DROP FUNCTION').

имя_функции

Заданная пользователем функция, объявленная как функция без аргументов и возвращающая тип event_trigger.

В синтаксисе CREATE EVENT TRIGGER ключевые слова FUNCTION и PROCEDURE равнозначны, но указываемая функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово PROCEDURE здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

Замечания

Создавать событийные триггеры могут только суперпользователи.

Событийные триггеры не вызываются в однопользовательском режиме (см. postgres). Если ошибочный событийный триггер заблокировал работу с базой данных так, что даже удалить его нельзя, перезапустите сервер в однопользовательском режиме и это можно будет сделать.

Примеры

Триггер, запрещающий выполнение любой команды DDL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION abort_any_command()
  RETURNS event_trigger
  LANGUAGE plpgsql
  AS $$
BEGIN
  RAISE EXCEPTION 'command % is disabled', tg_tag;
END;
$$;

CREATE EVENT TRIGGER abort_ddl ON ddl_command_start
  EXECUTE FUNCTION abort_any_command();
```

Совместимость

Оператор `CREATE EVENT TRIGGER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER EVENT TRIGGER`, `DROP EVENT TRIGGER`, `CREATE FUNCTION`

CREATE EXTENSION

CREATE EXTENSION — установить расширение

Синтаксис

```
CREATE EXTENSION [ IF NOT EXISTS ] имя_расширения
    [ WITH ] [ SCHEMA имя_схемы ]
    [ VERSION версия ]
    [ FROM старая_версия ]
    [ CASCADE ]
```

Описание

CREATE EXTENSION загружает в текущую базу данных новое расширение. Расширение с таким именем не должно быть уже загружено.

Загрузка расширения по сути сводится к запуску скрипта расширения. Этот скрипт обычно создаёт новые SQL-объекты, такие как функции, типы данных, операторы и методы поддержки индексов. CREATE EXTENSION дополнительно записывает идентификаторы всех добавляемых объектов, так что впоследствии их можно удалить, выполнив команду DROP EXTENSION.

Для загрузки расширения требуются те же права, что необходимы для создания составляющих его объектов. Для большинства расширений это означает, что необходимы права владельца базы данных или суперпользователя. Пользователь, запускающий CREATE EXTENSION, становится владельцем самого расширения (это требуется для последующих проверок доступа), а также владельцем всех объектов, созданных скриптом расширения.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если расширение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее расширение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано из указанного скрипта.

имя_расширения

Имя устанавливаемого расширения. PostgreSQL создаст расширение, используя инструкции из файла `SHAREDIR/extension/имя_расширения.control`.

имя_схемы

Имя схемы, в которую будут установлены объекты расширения (подразумевается, что расширение позволяет управлять размещением своих объектов). Указанная схема должна уже существовать. Если имя не указано и в управляющем файле расширения оно так же не задано, для создания объектов используется текущая схема.

Если в управляющем файле расширения задаётся параметр `schema`, заданную схему нельзя переопределить предложением `SCHEMA`. Обычно при указании предложения `SCHEMA` возникает ошибка, если эта схема конфликтует с параметром `schema` данного расширения. Однако, если также задаётся предложение `CASCADE`, в случае конфликта *имя_схемы* игнорируется. Заданное *имя_схемы* будет использоваться для установки всех необходимых расширений, в управляющих файлах которых не задаётся `schema`.

Помните, что само расширение не считается принадлежащим какой-либо схеме; имена расширений не дополняются схемой и потому должны быть уникальными во всей базе данных. Однако объекты, принадлежащие расширениям, могут относиться к схемам.

версия

Версия устанавливаемого расширения. Её можно записать в виде идентификатора или строкового значения. По умолчанию версия считывается из управляющего файла расширения.

старая_версия

Указание `FROM старая_версия` может быть добавлено тогда и только тогда, когда устанавливаемое расширение заменяет модуль «старого стиля», представляющий собой просто набор объектов, не упакованный в расширение. С этим указанием `CREATE EXTENSION` запускает альтернативный установочный скрипт, собирающий все существующие объекты в расширение, а не создающий новые. Учтите, что `SCHEMA` при этом определяет схему, содержащую эти существующие объекты.

Значение, задаваемое в качестве *старой_версии*, определяется автором расширения и может меняться, если в расширение нужно преобразовать не одну версию модуля в старом стиле. Для стандартных дополнительных модулей, поставляемых в PostgreSQL до версии 9.1, при преобразовании модуля в расширение *старая_версия* должна содержать значение `unpackaged`.

`CASCADE`

Автоматически устанавливать все расширения, от которого зависит данное, если они ещё не установлены. Их зависимости подобным образом рекурсивно устанавливаются автоматически. Предложение `SCHEMA`, если задано, применяется ко всем расширениям, устанавливаемым таким способом. Другие параметры оператора к автоматически устанавливаемым расширениям не применяются; в частности, всегда выбираются их версии по умолчанию.

Замечания

Прежде чем вы сможете выполнить `CREATE EXTENSION` и загрузить расширение в базу данных, необходимо правильно установить сопутствующие файлы расширения. Информацию об установке расширений, поставляемых в составе PostgreSQL, можно найти по ссылке [Дополнительные предоставляемые модули](#).

Расширения, доступные для установки в данный момент, можно найти в системном представлении `pg_available_extensions` или `pg_available_extension_versions`.

За информацией для разработчиков расширений обратитесь к Разделу 38.16.

Примеры

Установка расширения `hstore` в текущую базу данных:

```
CREATE EXTENSION hstore;
```

Преобразование установленного до версии 9.1 модуля `hstore` в расширение:

```
CREATE EXTENSION hstore SCHEMA public FROM unpackaged;
```

Будьте внимательны — здесь нужно указать схему, в которую ранее были установлены существующие объекты `hstore`.

Совместимость

`CREATE EXTENSION` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER EXTENSION`, `DROP EXTENSION`

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER — создать новую обёртку сторонних данных

Синтаксис

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER имя
[ HANDLER функция_обработчик | NO HANDLER ]
[ VALIDATOR функция_проверки | NO VALIDATOR ]
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Описание

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER создаёт обёртку сторонних данных. Владелец обёртки становится создавший её пользователь.

Имя обёртки сторонних данных должно быть уникальным в базе данных.

Создавать обёртки сторонних данных могут только суперпользователи.

Параметры

имя

Имя создаваемой обёртки сторонних данных.

HANDLER функция_обработчик

В аргументе *функция_обработчик* указывается имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для получения функций, реализующих обращения к сторонним таблицам. Функция-обработчик не принимает аргументы и возвращает результат типа `fdw_handler`.

Обёртку сторонних таблиц можно создать и без функции-обработчика, но через такую обёртку нельзя будет использовать сторонние таблицы, хотя объявить их вполне возможно.

VALIDATOR функция_проверки

В аргументе *функция_проверки* указывается имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для проверки общих параметров, передаваемых обёртке сторонних данных, а также параметров сторонних серверов, сопоставлений пользователей и сторонних таблиц, доступных через эту обёртку. Если функция проверки не задана или указано `NO VALIDATOR`, параметры не будут проверяться во время создания объектов. (Обёртка сторонних данных может игнорировать или не принимать неверные указания параметров во время выполнения, в зависимости от реализации.) Функция проверки должна принимать два аргумента: первый типа `text[]` (в нём содержится массив параметров, хранящихся в системном каталоге), а второй типа `oid` (в нём указывается OID системного каталога с этими параметрами). Возвращаемое значение игнорируется; функция проверки должна сообщать о неверных параметрах, вызывая системную функцию `ereport(ERROR)`.

OPTIONS (параметр 'значение' [, ...])

Это предложение определяет параметры для создаваемой обёртки сторонних данных. Набор допустимых параметров и значений для каждой обёртки свой, контроль их правильности осуществляет функция проверки сторонних данных. Имена параметров должны быть уникальными.

Замечания

Функциональность PostgreSQL по работе со сторонними данными продолжает активно развиваться. На данный момент выполняется только примитивная оптимизация запросов (и по большей ча-

сти это тоже делает обёртка), так что в этом направлении есть поле для улучшения производительности.

Примеры

Создание бесполезной обёртки сторонних данных `dummy`:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER dummy;
```

Создание обёртки сторонних данных `file` с функцией-обработчиком `file_fdw_handler`:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER file HANDLER file_fdw_handler;
```

Создание обёртки сторонних данных `mywrapper` с параметрами:

```
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER mywrapper  
    OPTIONS (debug 'true');
```

Совместимость

`CREATE FOREIGN DATA WRAPPER` соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), за исключением того, что предложения `HANDLER` и `VALIDATOR` стандартом не предусмотрены, а предложения `LIBRARY` и `LANGUAGE`, напротив, не реализованы в PostgreSQL.

Учтите, однако, что функциональность SQL/MED в целом ещё не обеспечивается.

См. также

`ALTER FOREIGN DATA WRAPPER`, `DROP FOREIGN DATA WRAPPER`, `CREATE SERVER`, `CREATE USER MAPPING`, `CREATE FOREIGN TABLE`

CREATE FOREIGN TABLE

CREATE FOREIGN TABLE — создать стороннюю таблицу

Синтаксис

```
CREATE FOREIGN TABLE [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы ( [
    { имя_столбца тип_данных [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
  [ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
  [, ... ]
] )
[ INHERITS ( таблица_родитель [, ... ] ) ]
SERVER имя_сервера
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]

CREATE FOREIGN TABLE [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы
PARTITION OF таблица_родитель [ (
    { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
  [, ... ]
) ] указание_границ_секции
SERVER имя_сервера
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Здесь *ограничение_столбца*:

```
[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
  NULL |
  CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  DEFAULT выражение_по_умолчанию }
```

и *ограничение_таблицы*:

```
[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ]
```

Описание

CREATE FOREIGN TABLE создаёт новую стороннюю таблицу в текущей базе данных. Владелец таблицы будет пользователь, выполнивший эту команду.

Если указано имя схемы (например, CREATE FOREIGN TABLE myschema.mytable ...), таблица будет создана в этой схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме. Имя сторонней таблицы должно отличаться от имён других сторонних и обычных таблиц, последовательностей, индексов, представлений и материализованных представлений, существующих в этой схеме.

CREATE FOREIGN TABLE также автоматически создаёт составной тип данных, соответствующий одной строке сторонней таблицы. Таким образом, имя сторонней таблицы не может совпадать с именем существующего типа в этой же схеме.

Если указано предложение PARTITION OF, таблица создаётся в виде секции parent_table с указанными границами.

Чтобы создать стороннюю таблицу, необходимо иметь право USAGE для стороннего сервера, а также право USAGE для всех типов столбцов, содержащихся в таблице.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца, создаваемого в новой таблице.

тип_данных

Тип данных столбца (может включать определение массива с этим типом). За дополнительными сведениями о типах данных, которые поддерживает PostgreSQL, обратитесь к Главе 8.

COLLATE *правило_сортировки*

Предложение COLLATE назначает правило сортировки для столбца (который должен иметь тип, поддерживающий сортировку). Если оно отсутствует, используется правило сортировки по умолчанию, установленное для типа данных столбца.

INHERITS (*таблица_родитель* [, ...])

Необязательное предложение INHERITS определяет список таблиц, от которых новая сторонняя таблица будет автоматически наследовать все столбцы. Родительскими таблицами могут быть обычные или сторонние таблицы. За подробностями обратитесь к описанию подобной формы CREATE TABLE.

CONSTRAINT *имя_ограничения*

Необязательное имя столбца или ограничения таблицы. При нарушении ограничения его имя будет выводиться в сообщении об ошибках, так что имена ограничений вида `столбец должен быть положительным` могут сообщить полезную информацию об ограничении клиентскому приложению. (Имена ограничений, включающие пробелы, необходимо заключать в двойные кавычки.) Если имя ограничения не указано, система генерирует имя автоматически.

NOT NULL

Данный столбец не принимает значения NULL.

NULL

Данный столбец может содержать значения NULL (по умолчанию).

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

CHECK (*выражение*) [NO INHERIT]

В ограничении CHECK задаётся выражение, возвращающее булевский результат, которому должны удовлетворять все строки в сторонней таблице; то есть это выражение должно выдавать TRUE или UNKNOWN, но никогда FALSE, для всех строк в сторонней таблице. Ограничение-проверка, заданное как ограничение столбца, должно ссылаться только на значение самого столбца, тогда как ограничение на уровне таблицы может ссылаться и на несколько столбцов.

В настоящее время выражения CHECK не могут содержать подзапросы или ссылаться на переменные, кроме как на столбцы текущей строки. Также допустима ссылка на системный столбец `tableoid`, но не на другие системные столбцы.

Ограничение с пометкой `NO INHERIT` не будет наследоваться дочерними таблицами.

`DEFAULT` *выражение_по_умолчанию*

Предложение `DEFAULT` задаёт значение по умолчанию для столбца, в определении которого оно присутствует. Значение задаётся выражением без переменных (подзапросы и перекрёстные ссылки на другие столбцы текущей таблицы в нём не допускаются). Тип данных выражения, задающего значение по умолчанию, должен соответствовать типу данных столбца.

Это выражение будет использоваться во всех операциях добавления данных, в которых не задаётся значение данного столбца. Если значение по умолчанию не определено, таким значением будет `NULL`.

имя_сервера

Имя существующего стороннего сервера, предоставляющего данную стороннюю таблицу. О создании сервера можно узнать в `CREATE SERVER`.

`OPTIONS` (*параметр* 'значение' [, ...])

Параметры, связываемые с новой сторонней таблицей или одним из её столбцов. Допустимые имена и значения параметров у каждой обёртки сторонних данных свои; они контролируются функцией проверки, связанной с этой обёрткой. Имена параметров не должны повторяться (хотя параметр таблицы и параметр столбца вполне могут иметь одно имя).

Замечания

Ограничения сторонних таблиц (например, `CHECK` и `NOT NULL`) не контролируются ядром системы PostgreSQL, как не пытаются их контролировать и большинство обёрток сторонних данных; то есть, система просто предполагает, что ограничение выполняется. Контролировать такое ограничение не имело бы большого смысла, так как оно применялось бы только к строкам, добавляемым или изменяемым через стороннюю таблицу, но не к строкам, модифицируемым другим путём, например, непосредственно на удалённом сервере. Вместо этого, ограничение, связанное со сторонней таблицей, должно представлять ограничение, выполнение которого обеспечивает удалённый сервер.

Некоторые специализированные обёртки сторонних данных могут быть единственным вариантом обращения к доступным через них данным, и в этом случае может быть уместно реализовать контроль ограничений в самой такой обёртке. Но не следует полагать, что какая-либо обёртка ведёт себя так, если об этом не сказано явно в её документации.

Хотя PostgreSQL не пытается контролировать ограничения для сторонних таблиц, он полагает, что они выполняются для целей оптимизации запросов. Если в сторонней таблице будут видны строки, не удовлетворяющие объявленному ограничению, запросы к этой таблице могут выдавать некорректные результаты. Ответственность за фактическое выполнение условия ограничения лежит на пользователе.

Примеры

Создание сторонней таблицы `films`, которая будет доступна через сервер `film_server`:

```
CREATE FOREIGN TABLE films (  
    code          char(5) NOT NULL,  
    title         varchar(40) NOT NULL,  
    did           integer NOT NULL,  
    date_prod     date,  
    kind          varchar(10),  
    len           interval hour to minute  
)  
SERVER film_server;
```

Создание сторонней таблицы `measurement_y2016m07`, которая будет доступна через сервер `server_07`, в виде секции таблицы `measurement`, секционированной по диапазонам:

```
CREATE FOREIGN TABLE measurement_y2016m07  
    PARTITION OF measurement FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO ('2016-08-01')  
    SERVER server_07;
```

Совместимость

Команда `CREATE FOREIGN TABLE` в основном соответствует стандарту SQL; однако, как и `CREATE TABLE`, она допускает ограничения `NULL` и сторонние таблицы с нулём столбцов. Возможность задавать значения по умолчанию для столбцов также является расширением PostgreSQL. Наследование таблиц, в форме, определённой в PostgreSQL, стандарту не соответствует.

См. также

`ALTER FOREIGN TABLE`, `DROP FOREIGN TABLE`, `CREATE TABLE`, `CREATE SERVER`, `IMPORT FOREIGN SCHEMA`

CREATE FUNCTION

CREATE FUNCTION — создать функцию

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] FUNCTION
    имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ { DEFAULT |
= } выражение_по_умолчанию ] [, ...] ] )
    [ RETURNS тип_результата
      | RETURNS TABLE ( имя_столбца тип_столбца [, ...] ) ]
    { LANGUAGE имя_языка
      | TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ]
      | WINDOW
      | IMMUTABLE | STABLE | VOLATILE | [ NOT ] LEAKPROOF
      | CALLED ON NULL INPUT | RETURNS NULL ON NULL INPUT | STRICT
      | [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
      | PARALLEL { UNSAFE | RESTRICTED | SAFE }
      | COST стоимость_выполнения
      | ROWS строк_в_результате
      | SET параметр_конфигурации { TO значение | = значение | FROM CURRENT }
      | AS 'определение'
      | AS 'объектный_файл', 'объектный_символ'
    } ...
```

Описание

Команда `CREATE FUNCTION` определяет новую функцию. `CREATE OR REPLACE FUNCTION` создаёт новую функцию, либо заменяет определение уже существующей. Чтобы определить функцию, необходимо иметь право `USAGE` для соответствующего языка.

Если указано имя схемы, функция создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Имя новой функции должно отличаться от имён существующих функций или процедур с такими же типами аргументов в этой схеме. Однако функции и процедуры с аргументами разных типов могут иметь одно имя (это называется *перегрузкой*).

Чтобы заменить текущее определение существующей функции, используйте команду `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Но учтите, что она не позволяет изменить имя или аргументы функции (если попытаться сделать это, на самом деле будет создана новая, независимая функция). Кроме того, `CREATE OR REPLACE FUNCTION` не позволит изменить тип результата существующей функции. Чтобы сделать это, придётся удалить функцию и создать её заново. (Это означает, что если функция имеет выходные параметры (`OUT`), то изменить типы параметров `OUT` можно, только удалив функцию.)

Когда команда `CREATE OR REPLACE FUNCTION` заменяет существующую функцию, владелец и права доступа к этой функции не меняются. Все другие свойства функции получают значения, задаваемые командой явно или по умолчанию. Чтобы заменить функцию, необходимо быть её владельцем (или быть членом роли-владельца).

Если вы удалите и затем вновь создадите функцию, новая функция станет другой сущностью, отличной от старой; вам потребуется так же удалить существующие правила, представления, триггеры и т. п., ссылающиеся на старую функцию. Поэтому, чтобы изменить определение функции, сохраняя ссылающиеся на неё объекты, следует использовать `CREATE OR REPLACE FUNCTION`. Кроме того, многие дополнительные свойства существующей функции можно изменить с помощью `ALTER FUNCTION`.

Владельцем функции становится создавший её пользователь.

Чтобы создать функцию, необходимо иметь право `USAGE` для типов её аргументов и возвращаемого типа.

Параметры

имя

Имя создаваемой функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN` (входной), `OUT` (выходной), `INOUT` (входной и выходной) или `VARIADIC` (переменный). По умолчанию подразумевается `IN`. За единственным аргументом `VARIADIC` могут следовать только аргументы `OUT`. Кроме того, аргументы `OUT` и `INOUT` нельзя использовать с предложением `RETURNS TABLE`.

имя_аргумента

Имя аргумента. Некоторые языки (включая SQL и PL/pgSQL) позволяют использовать это имя в теле функции. Для других языков это имя служит просто дополнительным описанием, если говорить о самой функции; однако вы можете указывать имена аргументов при вызове функции для улучшения читаемости (см. Раздел 4.3). Имя выходного аргумента в любом случае имеет значение, так как оно определяет имя столбца в типе результата. (Если вы опустите имя выходного аргумента, система выберет для него имя по умолчанию.)

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции (возможно, дополненный схемой), при наличии аргументов. Тип аргументов может быть базовым, составным или доменным, либо это может быть ссылка на столбец таблицы.

В зависимости от языка реализации также может допускаться указание «псевдотипов», например, `cstring`. Псевдотипы показывают, что фактический тип аргумента либо определён не полностью, либо существует вне множества обычных типов SQL.

Ссылка на тип столбца записывается в виде `имя_таблицы.имя_столбца%TYPE`. Иногда такое указание бывает полезно, так как позволяет создать функцию, независимую от изменений в определении таблицы.

выражение_по_умолчанию

Выражение, используемое для вычисления значения по умолчанию, если параметр не задан явно. Результат выражения должен сводиться к типу соответствующего параметра. Значения по умолчанию могут иметь только входные параметры (включая `INOUT`). Для всех входных параметров, следующих за параметром с определённым значением по умолчанию, также должны быть определены значения по умолчанию.

тип_результата

Тип возвращаемых данных (возможно, дополненный схемой). Это может быть базовый, составной или доменный тип, либо ссылка на тип столбца таблицы. В зависимости от языка реализации здесь также могут допускаться «псевдотипы», например `cstring`. Если функция не должна возвращать значение, в качестве типа результата указывается `void`.

В случае наличия параметров `OUT` или `INOUT`, предложение `RETURNS` можно опустить. Если оно присутствует, оно должно согласовываться с типом результата, выводимым из выходных параметров: в качестве возвращаемого типа указывается `RECORD`, если выходных параметров несколько, либо тип единственного выходного параметра.

Указание `SETOF` показывает, что функция возвращает множество, а не единственный элемент.

Ссылка на тип столбца записывается в виде `имя_таблицы.имя_столбца%TYPE`.

имя_столбца

Имя выходного столбца в записи `RETURNS TABLE`. По сути это ещё один способ объявить именованный выходной параметр (`OUT`), но `RETURNS TABLE` также подразумевает и `RETURNS SETOF`.

тип_столбца

Тип данных выходного столбца в записи `RETURNS TABLE`.

имя_языка

Имя языка, на котором реализована функция. Это может быть `sql`, `c`, `internal`, либо имя процедурного языка, определённого пользователем, например, `plpgsql`. Стиль написания этого имени в апострофах считается устаревшим и требует точного совпадения регистра.

`TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ] }`

Устанавливает список трансформаций, которые должны применяться при вызове функции. Трансформации выполняют преобразования между типами SQL и типами данных, специфичными для языков; см. `CREATE TRANSFORM`. Преобразования встроенных типов обычно жёстко предопределены в реализациях процедурных языков, так что их здесь указывать не нужно. Если реализация процедурного языка не может обработать тип и трансформация для него отсутствует, будет выполнено преобразование типов по умолчанию, но это зависит от реализации.

`WINDOW`

Указание `WINDOW` показывает, что создаётся не простая, а *оконная функция*. В настоящее время это имеет смысл только для функций, написанных на C. Атрибут `WINDOW` нельзя изменить, модифицируя впоследствии определение функции.

`IMMUTABLE``STABLE``VOLATILE`

Эти атрибуты информируют оптимизатор запросов о поведении функции. Одновременно можно указать не более одного атрибута. Если никакой атрибут не задан, по умолчанию подразумевается `VOLATILE`.

Характеристика `IMMUTABLE` (постоянная) показывает, что функция не может модифицировать базу данных и всегда возвращает один и тот же результат при определённых значениях аргументов; то есть, она не обращается к базе данных и не использует информацию, не переданную ей явно в списке аргументов. Если функция имеет такую характеристику, любой её вызов с аргументами-константами можно немедленно заменить значением функции.

Характеристика `STABLE` (стабильная) показывает, что функция не может модифицировать базу данных и в рамках одного сканирования таблицы она всегда возвращает один и тот же результат для определённых значений аргументов, но этот результат может быть разным в разных операторах SQL. Это подходящий выбор для функций, результаты которых зависят от содержимого базы данных и настраиваемых параметров (например, текущего часового пояса). (Но этот вариант не подходит для триггеров `AFTER`, желающих прочитать строки, изменённые текущей командой.) Также заметьте, что функции семейства `current_timestamp` также считаются стабильными, так как их результаты не меняются внутри транзакции.

Характеристика `VOLATILE` (изменчивая) показывает, что результат функции может меняться даже в рамках одного сканирования таблицы, так что её вызовы нельзя оптимизировать. Изменчивы в этом смысле относительно немногие функции баз данных, например: `random()`, `currval()` и `timeofday()`. Но заметьте, что любая функция с побочными эффектами должна быть классифицирована как изменчивая, даже если её результат вполне предсказуем, чтобы её вызовы не были оптимизированы; пример такой функции: `setval()`.

За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 38.7.

LEAKPROOF

Характеристика `LEAKPROOF` (герметичная) показывает, что функция не имеет побочных эффектов. Она не раскрывает информацию о своих аргументах, кроме как возвращая результат. Например, функция, которая выдаёт сообщение об ошибке с некоторыми, но не всеми значениями аргументов, либо выводит значения аргументов в сообщении об ошибке, не является герметичной. Это влияет на то, как система выполняет запросы к представлениям, созданным с барьером безопасности (с указанием `security_barrier`), или к таблицам с включённой защитой строк. Во избежание неконтролируемой утечки данных система будет проверять условия из политик защиты и определений представлений с барьерами безопасности перед любыми условиями, которые задаёт пользователь в самом запросе и в которых задействуются негерметичные функции. Функции и операторы, помеченные как герметичные, считаются доверенными и могут выполняться перед условиями из политик защиты и представлений с барьерами безопасности. При этом функции, которые не имеют аргументов или которым не передаются никакие аргументы из представления с барьером безопасности или таблицы, не требуется помечать как герметичные, чтобы они выполнялись до условий, связанных с безопасностью. См. `CREATE VIEW` и Раздел 41.5. Это свойство может установить только суперпользователь.

`CALLED ON NULL INPUT`

`RETURNS NULL ON NULL INPUT`

`STRICT`

`CALLED ON NULL INPUT` (по умолчанию) показывает, что функция будет вызвана как обычно, если среди её аргументов оказываются значения `NULL`. В этом случае ответственность за проверку значений `NULL` и соответствующую их обработку ложится на разработчика функции.

Указание `RETURNS NULL ON NULL INPUT` или `STRICT` показывает, что функция всегда возвращает `NULL`, получив `NULL` в одном из аргументов. Такая функция не будет вызываться с аргументами `NULL`, вместо этого автоматически будет полагаться результат `NULL`.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`

`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Характеристика `SECURITY INVOKER` (безопасность вызывающего) показывает, что функция будет выполняться с правами пользователя, вызвавшего её. Этот вариант подразумевается по умолчанию. Вариант `SECURITY DEFINER` (безопасность определившего) определяет, что функция выполняется с правами пользователя, владеющего ей.

Ключевое слово `EXTERNAL` (внешняя) допускается для соответствия стандарту SQL, но является необязательным, так как, в отличие от SQL, эта характеристика распространяется на все функции, а не только внешние.

PARALLEL

Указание `PARALLEL UNSAFE` означает, что эту функцию нельзя выполнять в параллельном режиме и присутствие такой функции в операторе SQL приводит к выбору последовательного плана выполнения. Это характеристика функции по умолчанию. Указание `PARALLEL RESTRICTED` означает, что функцию можно выполнять в параллельном режиме, но только в ведущем процессе группы. `PARALLEL SAFE` показывает, что функция безопасна для выполнения в параллельном режиме без ограничений.

Функции должны помечаться как небезопасные для параллельного выполнения, если они изменяют состояние базы данных, вносят изменения в транзакции, например, используя подтранзакции, обращаются к последовательностям или пытаются сохранять параметры (например, используя `setval`). Ограниченно параллельными должны помечаться функции, которые обращаются к временным таблицам, состоянию клиентского подключения, курсорам, подготовленным операторам или разнообразному состоянию обслуживающего процесса, которое система не может синхронизировать в параллельном режиме (например, `setseed` может выполнять только ведущий процесс группы, так как изменения, внесённые другим процессом, не передаются ведущему). Вообще, если функция помечена как безопасная, тогда как она является

ограниченной или небезопасной, либо если она помечена как ограниченно безопасная, не являясь безопасной, при попытке вызвать её в параллельном запросе она может выдавать ошибки или неверные результаты. Функции на языке C при неправильной пометке теоретически могут проявлять полностью неопределённое поведение, так как система никак не может защититься от произвольного кода на C, но чаще все они будут вести себя не хуже, чем любая другая функция. В случае сомнений функцию следует помечать как небезопасную (UNSAFE), что и имеет место по умолчанию.

COST стоимость_выполнения

Положительное число, задающее примерную стоимость выполнения функции, в единицах `cpu_operator_cost`. Если функция возвращает множество, это число задаёт стоимость для одной строки. Если стоимость не указана, для функций на C и внутренних функций она считается равной 1 единице, а для функций на всех других языках — 100 единицам. При больших значениях планировщик будет стараться не вызывать эту функцию чаще, чем это необходимо.

ROWS строк_в_результате

Положительное число, задающее примерное число строк, которое будет ожидать планировщик на выходе этой функции. Это указание допустимо, только если функция объявлена как возвращающая множество. Предполагаемое по умолчанию значение — 1000 строк.

параметр_конфигурации значение

Предложение `SET` определяет, что при вызове функции указанный параметр конфигурации должен принять заданное значение, а затем восстановить своё предыдущее значение при завершении функции. Предложение `SET FROM CURRENT` сохраняет в качестве значения, которое будет применено при входе в функцию, значение, действующее в момент выполнения `CREATE FUNCTION`.

Если в определение функции добавлено `SET`, то действие команды `SET LOCAL`, выполняемой внутри функции для того же параметра, ограничивается телом функции: предыдущее значение параметра так же будет восстановлено при завершении функции. Однако обычная команда `SET` (без `LOCAL`) переопределяет предложение `SET`, как и предыдущую команду `SET LOCAL`: действие такой команды будет сохранено и после завершения функции, если только не произойдёт откат транзакции.

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к `SET` и Главе 19.

определение

Строковая константа, определяющая реализацию функции; её значение зависит от языка. Это может быть имя внутренней функции, путь к объектному файлу, команда SQL или код функции на процедурном языке.

Часто бывает полезно заключать определение функции в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в традиционные апострофы. Если не использовать доллары, все апострофы и обратные косые черты в определении функции придётся экранировать, дублируя их.

объектный_файл, объектный_символ

Эта форма предложения `AS` применяется для динамически загружаемых функций на языке C, когда имя функции в коде C не совпадает с именем функции в SQL. Строка *объектный_файл* задаёт имя файла разделяемой библиотеки, содержащей скомпилированную функцию на C, и воспринимается как параметр команды `LOAD`. Строка *объектный_символ* задаёт символ скомпилированной функции, то есть имя функции в исходном коде на языке C. Если объектный символ опущен, предполагается, что он совпадает с именем определяемой SQL-функции. В C имена всех функций должны быть различными, поэтому перегружаемым функциям, реализованным на C, нужно давать разные имена (например, включать в имена C обозначения типов аргументов).

Если повторные вызовы `CREATE FUNCTION` ссылаются на один и тот же объектный файл, он загружается в рамках сеанса только один раз. Чтобы выгрузить и загрузить этот файл снова (например, в процессе разработки), начните новый сеанс.

За дополнительной информацией о разработке функций обратитесь к Разделу 38.3.

Перегрузка

PostgreSQL допускает *перегрузку* функций; то есть, позволяет использовать одно имя для нескольких различных функций, если у них различаются типы входных аргументов. Независимо от того, используете вы эту возможность или нет, она требует предосторожности при вызове функций в базах данных, где одни пользователи не доверяют другим; см. Раздел 10.3.

Две функции считаются совпадающими, если они имеют одинаковые имена и типы *входных* аргументов, параметры `OUT` игнорируются. Таким образом, например, эти объявления вызовут конфликт:

```
CREATE FUNCTION foo(int) ...
CREATE FUNCTION foo(int, out text) ...
```

Функции, имеющие разные типы аргументов, не будут считаться конфликтующими в момент создания, но предоставленные для них значения по умолчанию могут вызвать конфликт в момент использования. Например, рассмотрите следующие определения:

```
CREATE FUNCTION foo(int) ...
CREATE FUNCTION foo(int, int default 42) ...
```

Вызов `foo(10)` завершится ошибкой из-за неоднозначности в выборе вызываемой функции.

Замечания

В объявлении аргументов функции и возвращаемого значения допускается полный синтаксис описания типа SQL. Однако модификаторы типа в скобках (например, поле точности для типа `numeric`) команда `CREATE FUNCTION` не учитывает. Так что, например, `CREATE FUNCTION foo (varchar(10)) ...` создаст такую же функцию, что и `CREATE FUNCTION foo (varchar) ....`

При замене существующей функции с помощью `CREATE OR REPLACE FUNCTION` есть ограничения на изменения имён параметров. В частности, нельзя изменить имя, уже назначенное любому входному параметру (хотя можно добавить имена ранее безымянным параметрам). Также, если у функции более одного выходного параметра, нельзя изменять имена выходных параметров, так как это приведёт к изменению имён столбцов анонимного составного типа, описывающего результат функции. Эти ограничения позволяют гарантировать, что существующие вызовы функции не перестанут работать после её замены.

Если функция объявлена как `STRICT` с аргументом `VARIADIC`, при оценивании строгости проверяется, что весь переменный массив *в целом* не `NULL`. Если же в этом массиве содержатся элементы `NULL`, функция будет вызываться.

Примеры

Ниже приведено несколько простых вводных примеров. За дополнительными сведениями и примерами обратитесь к Разделу 38.3.

```
CREATE FUNCTION add(integer, integer) RETURNS integer
  AS 'select $1 + $2;'
  LANGUAGE SQL
  IMMUTABLE
  RETURNS NULL ON NULL INPUT;
```

Функция увеличения целого числа на 1, использующая именованный аргумент, на языке PL/pgSQL:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION increment(i integer) RETURNS integer AS $$
    BEGIN
        RETURN i + 1;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql;
```

Функция, возвращающая запись с несколькими выходными параметрами:

```
CREATE FUNCTION dup(in int, out f1 int, out f2 text)
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM dup(42);
```

То же самое можно сделать более развёрнуто, явно объявив составной тип:

```
CREATE TYPE dup_result AS (f1 int, f2 text);

CREATE FUNCTION dup(int) RETURNS dup_result
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM dup(42);
```

Ещё один способ вернуть несколько столбцов — применить функцию TABLE:

```
CREATE FUNCTION dup(int) RETURNS TABLE(f1 int, f2 text)
    AS $$ SELECT $1, CAST($1 AS text) || ' is text' $$
    LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM dup(42);
```

Однако пример с TABLE отличается от предыдущих, так как в нём функция на самом деле возвращает не одну, а *набор* записей.

Разработка защищённых функций SECURITY DEFINER

Так как функция SECURITY DEFINER выполняется с правами пользователя, владеющего ей, необходимо позаботиться о том, чтобы её нельзя было использовать не по назначению. В целях безопасности, в пути search_path следует исключить любые схемы, доступные на запись недоверенным пользователям. Это не позволит злонамеренным пользователям создать свои объекты (например, таблицы, функции и операторы), которые замаскируют объекты, используемые функцией. Особенно важно в этом отношении исключить схему временных таблиц, которая по умолчанию просматривается первой, а право записи в неё по умолчанию имеют все. Соответствующую защиту можно организовать, поместив временную схему в конец списка поиска. Для этого следует сделать pg_temp последней записью в search_path. Безопасное использование демонстрирует следующая функция:

```
CREATE FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT)
    RETURNS BOOLEAN AS $$
    DECLARE passed BOOLEAN;
    BEGIN
        SELECT (pwd = $2) INTO passed
        FROM pwds
        WHERE username = $1;

        RETURN passed;
    END;
$$ LANGUAGE plpgsql
    SECURITY DEFINER
    -- Установить безопасный путь поиска: сначала доверенная схема(ы), затем 'pg_temp'.
    SET search_path = admin, pg_temp;
```

Эта функция должна обращаться к таблице `admin.pwds`, но без предложения `SET` или с предложением `SET`, включающим только `admin`, её можно «обмануть», создав временную таблицу `pwds`.

До PostgreSQL 8.3 предложение `SET` отсутствовало, так что старые функции могут содержать довольно сложную логику для сохранения, изменения и восстановления переменной `search_path`. Существующее теперь предложение `SET` позволяет сделать это намного проще.

Также следует помнить о том, что по умолчанию право выполнения для создаваемых функций имеет роль `PUBLIC` (за подробностями обратитесь к `GRANT`). Однако часто требуется разрешить доступ к функциям, работающим в контексте определившего, только некоторым пользователям. Для этого необходимо отозвать стандартные права `PUBLIC` и затем дать права на выполнение индивидуально. Чтобы не образовалось окно, в котором новая функция будет недоступна совсем, создайте её и назначьте права в одной транзакции. Например, так:

```
BEGIN;  
CREATE FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) ... SECURITY DEFINER;  
REVOKE ALL ON FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) FROM PUBLIC;  
GRANT EXECUTE ON FUNCTION check_password(uname TEXT, pass TEXT) TO admins;  
COMMIT;
```

Совместимость

Команда `CREATE FUNCTION` определена в стандарте SQL. Её реализация в PostgreSQL близка к стандартизированной, но совместима с ней не полностью. К отличиям относятся непереносимые атрибуты, а также поддержка различных языков.

Для совместимости с другими СУБД *режим_аргумента* можно записать после *имя_аргумента* или перед ним, но стандарту соответствует только первый вариант.

Для определения значений по умолчанию для параметров стандарт SQL поддерживает только синтаксис с ключевым словом `DEFAULT`. Синтаксис со знаком `=` используется в T-SQL и Firebird.

См. также

`ALTER FUNCTION`, `DROP FUNCTION`, `GRANT`, `LOAD`, `REVOKE`

CREATE GROUP

CREATE GROUP — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE GROUP имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]
```

Здесь *параметр*:

```
SUPERUSER | NOSUPERUSER  
| CREATEDB | NOCREATEDB  
| CREATEROLE | NOCREATEROLE  
| INHERIT | NOINHERIT  
| LOGIN | NOLOGIN  
| [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'  
| VALID UNTIL 'дата_время'  
| IN ROLE имя_роли [, ...]  
| IN GROUP имя_роли [, ...]  
| ROLE имя_роли [, ...]  
| ADMIN имя_роли [, ...]  
| USER имя_роли [, ...]  
| SYSID uid
```

Описание

Оператор CREATE GROUP теперь является синонимом оператора CREATE ROLE.

Совместимость

Оператор CREATE GROUP отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE ROLE

CREATE INDEX

CREATE INDEX — создать индекс

Синтаксис

```
CREATE [ UNIQUE ] INDEX [ CONCURRENTLY ] [ [ IF NOT EXISTS ] имя ] ON
  [ ONLY ] имя_таблицы [ USING метод ]
    ( { имя_столбца | ( выражение ) } [ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ]
  [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST | LAST } ] [, ...] )
  [ INCLUDE ( имя_столбца [, ...] ) ]
  [ WITH ( параметр_хранения = значение [, ...] ) ]
  [ TABLESPACE табл_пространство ]
  [ WHERE предикат ]
```

Описание

CREATE INDEX создаёт индексы по указанному столбцу(ам) заданного отношения, которым может быть таблица или материализованное представление. Индексы применяются в первую очередь для оптимизации производительности базы данных (хотя при неправильном использовании возможен и противоположный эффект).

Ключевое поле для индекса задаётся как имя столбца или выражение, заключённое в скобки. Если метод индекса поддерживает составные индексы, допускается указание нескольких полей.

Поле индекса может быть выражением, вычисляемым из значений одного или нескольких столбцов в строке таблицы. Это может быть полезно для получения быстрого доступа к данным по некоторому преобразованию исходных значений. Например, индекс, построенный по выражению `upper(col)`, позволит использовать поиск по индексу в предложении `WHERE upper(col) = 'JIM'`.

PostgreSQL предоставляет следующие методы индексов: B-дерево, хеш, GiST, SP-GiST, GIN и BRIN. Пользователи могут определить и собственные методы индексов, но это довольно сложная задача.

Если в команде присутствует предложение `WHERE`, она создаёт *частичный индекс*. Такой индекс содержит записи только для части таблицы, обычно более полезной для индексации, чем остальная таблица. Например, если таблица содержит информацию об оплаченных и неоплаченных счетах, при этом последних сравнительно немного, но именно эта часть таблицы наиболее востребована, то увеличить быстродействие можно, создав индекс только по этой части. Ещё одно возможное применение `WHERE` — добавив `UNIQUE`, обеспечить уникальность в подмножестве таблицы. Подробнее это рассматривается в Разделе 11.8.

Выражение в предложении `WHERE` может ссылаться только на столбцы нижележащей таблицы, но не обязательно ограничиваться теми, по которым строится индекс. В настоящее время в `WHERE` также нельзя использовать подзапросы и агрегатные выражения. Это же ограничение распространяется и на выражения в полях индексов.

Все функции и операторы, используемые в определении индекса, должны быть «постоянными», то есть, их результаты должны зависеть только от аргументов, но не от внешних факторов (например, содержимого другой таблицы или текущего времени). Это ограничение обеспечивает определённое поведение индекса. Чтобы использовать в выражении индекса или в предложении `WHERE` собственную функцию, не забудьте пометить её при создании как постоянную (`IMMUTABLE`).

Параметры

UNIQUE

Указывает, что система должна контролировать повторяющиеся значения в таблице при создании индекса (если в таблице уже есть данные) и при каждом добавлении данных. Попытки

вставить или изменить данные, при которых будет нарушена уникальность индекса, будут завершаться ошибкой.

Когда уникальные индексы применяются к секционированным таблицам, действуют дополнительные ограничения; см. CREATE TABLE.

CONCURRENTLY

С этим указанием PostgreSQL построит индекс, не устанавливая никаких блокировок, которые бы предотвращали добавление, изменение или удаление записей в таблице; тогда как по умолчанию операция построения индекса блокирует запись (но не чтение) в таблице до своего завершения. При создании индекса в этом режиме есть ряд особенностей, о которых следует знать — см. Подраздел «Неблокирующее построение индексов».

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если индекс с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующий индекс как-то соотносится с тем, который мог бы быть создан. Имя индекса является обязательным, когда указывается IF NOT EXISTS.

INCLUDE

Необязательное предложение INCLUDE позволяет указать список столбцов, которые будут включены в индекс как *неключевые* столбцы. Неключевой столбец не может использоваться в условии поиска для сканирования по индексу, и он не учитывается при анализе ограничения уникальности или исключения, устанавливаемого индексом. Однако при сканировании только индекса содержимое неключевых столбцов может быть получено без обращения к целевой таблице, так как оно находится непосредственно в элементе индекса. Таким образом, в результате добавления неключевых столбцов сканирование только индекса может использоваться в тех запросах, где иначе оно было бы неприменимо.

Добавляя в индекс неключевые столбцы, особенно большого размера, есть смысл проявлять консерватизм. Если кортеж в индексе превышает максимально допустимый размер для данного типа индексов, вставить данные в таблицу не удастся. В неключевых столбцах дублируются данные из основной таблицы, что приводит к разрастанию индекса и может повлечь замедление запросов.

Для столбцов, перечисленных в INCLUDE, не нужны соответствующие классы операторов; это предложение может содержать столбцы, для типов данных которых не определены классы операторов для заданного метода доступа.

Выражения во включаемых столбцах не поддерживаются, так как их нельзя будет использовать при сканировании только индекса.

В настоящее время эту возможность поддерживает только метод доступа индекса-B-дерева. В таких индексах значения столбцов, указанных в предложении INCLUDE, включаются в кортежи на уровне листьев, которые соответствуют кортежам кучи, но не включаются в элементы верхних уровней, используемые для навигации в дереве.

ИМЯ

Имя создаваемого индекса. Указание схемы при этом не допускается; индекс всегда относится к той же схеме, что и родительская таблица. Если имя опущено, PostgreSQL формирует подходящее имя по имени родительской таблицы и именам индексируемых столбцов.

ONLY

Указывает, что индексы не должны рекурсивно создаваться в секциях секционированной таблицы. По умолчанию создание выполняется рекурсивно.

ИМЯ_таблицы

Имя индексируемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

метод

Имя применяемого метода индекса. Возможные варианты: `btree`, `hash`, `gist`, `spgist`, `gin` и `brin`. По умолчанию подразумевается метод `btree`.

имя_столбца

Имя столбца таблицы.

выражение

Выражение с одним или несколькими столбцами таблицы. Обычно выражение должно записываться в скобках, как показано в синтаксисе команды. Однако скобки можно опустить, если выражение записано в виде вызова функции.

правило_сортировки

Имя правила сортировки, применяемого для индекса. По умолчанию используется правило сортировки, заданное для индексируемого столбца, либо полученное для результата выражения индекса. Индексы с нестандартными правилами сортировки могут быть полезны для запросов, включающих выражения с такими правилами.

класс_операторов

Имя класса операторов. Подробнее об этом ниже.

ASC

Указывает порядок сортировки по возрастанию (подразумевается по умолчанию).

DESC

Указывает порядок сортировки по убыванию.

NULLS FIRST

Указывает, что значения `NULL` после сортировки оказываются перед остальными. Это поведение по умолчанию с порядком сортировки `DESC`.

NULLS LAST

Указывает, что значения `NULL` после сортировки оказываются после остальных. Это поведение по умолчанию с порядком сортировки `ASC`.

параметр_хранения

Имя специфичного для индекса параметра хранения. За подробностями обратитесь к Подразделу «Параметры хранения индекса».

табл_пространство

Табличное пространство, в котором будет создан индекс. Если не определено, выбирается `default_tablespace`, либо `temp_tablespaces`, при создании индекса временной таблицы.

предикат

Выражение ограничения для частичного индекса.

Параметры хранения индекса

Необязательное предложение `WITH` определяет *параметры хранения* для индекса. У каждого метода индекса есть свой набор допустимых параметров хранения. Следующий параметр принимают методы В-дерево, хеш, GiST и SP-GiST:

fillfactor

Фактор заполнения для индекса определяет в процентном отношении, насколько плотно метод индекса будет заполнять страницы индекса. Для В-деревьев концевые страницы заполняются

до этого процента при начальном построении индекса и позже, при расширении индекса вправо (добавлении новых наибольших значений ключа). Если страницы впоследствии оказываются заполненными полностью, они будут разделены, что приводит к постепенному снижению эффективности индекса. Для В-деревьев по умолчанию используется фактор заполнения 90, но его можно поменять на любое целое значение от 10 до 100. Фактор заполнения, равный 100, полезен для статических таблиц и помогает уменьшить физический размер таблицы, но для интенсивно изменяемых таблиц лучше использовать меньшее значение, чтобы разделять страницы приходилось реже. С другими методами индекса фактор заполнения действует по-другому, но примерно в том же ключе; значение фактора заполнения по умолчанию для разных методов разное.

Индексы В-дерево дополнительно принимают этот параметр:

`vacuum_cleanup_index_scale_factor`

Значение `vacuum_cleanup_index_scale_factor` для индекса.

Индексы GiST дополнительно принимают этот параметр:

`buffering`

Определяет, будет ли при построении индекса использоваться буферизация, описанная в Подразделе 64.4.1. Со значением `OFF` она отключена, с `ON` — включена, а с `AUTO` — отключена вначале, но может затем включиться на ходу, как только размер индекса достигнет значения `effective_cache_size`. По умолчанию подразумевается `AUTO`.

Индексы GIN принимают другие параметры:

`fastupdate`

Этот параметр управляет механизмом быстрого обновления, описанным в Подразделе 66.4.1. Он имеет логическое значение: `ON` включает быстрое обновление, `OFF` отключает его. (Другие возможные написания `ON` и `OFF` перечислены в Разделе 19.1.) Значение по умолчанию — `ON`.

Примечание

Выключение `fastupdate` в `ALTER INDEX` предотвращает помещение добавляемых в дальнейшем строк в список записей, ожидающих индексации, но записи, добавленные в этот список ранее, в нём остаются. Чтобы очистить очередь операций, надо затем выполнить `VACUUM` для этой таблицы или вызвать функцию `gin_clean_pending_list`.

`gin_pending_list_limit`

Пользовательский параметр `gin_pending_list_limit`. Его значение задаётся в килобайтах.

Индексы BRIN принимают другие параметры:

`pages_per_range`

Определяет, сколько блоков таблицы образуют зону блоков для каждой записи в индексе BRIN (за подробностями обратитесь к Разделу 67.1). Значение по умолчанию — 128.

`autosummarize`

Определяет, нужно ли вычислять сводное значение для зоны предыдущей страницы, когда происходит добавление на следующей странице.

Неблокирующее построение индексов

Создание индекса может мешать обычной работе с базой данных. Обычно PostgreSQL блокирует индексируемую таблицу от записи и выполняет всю операцию построения индекса за одно ска-

нирование таблицы. Другие транзакции могут продолжать читать таблицу, но при попытке вставить, изменить или удалить строки в таблице они будут заблокированы до завершения построения индекса. Это может оказать нежелательное влияние на работу производственной базы данных. Индексация очень больших таблиц может занимать много часов, и даже для маленьких таблиц построение индекса может заблокировать записывающие процессы на время, неприемлемое для производственной системы.

PostgreSQL поддерживает построение индексов без блокировки записи. Этот метод выбирается указанием `CONCURRENTLY` команды `CREATE INDEX`. Когда он используется, PostgreSQL должен выполнить два сканирования таблицы, а кроме того, должен дожидаться завершения всех существующих транзакций, которые потенциально могут модифицировать и использовать этот индекс. Таким образом, эта процедура требует проделать в сумме больше действий и выполняется значительно дольше, чем обычное построение индекса. Однако благодаря тому, что этот метод позволяет продолжать обычную работу с базой во время построения индекса, он оказывается полезным в производственной среде. Хотя разумеется, дополнительная нагрузка на процессор и подсистему ввода/вывода, создаваемая при построении индекса, может привести к замедлению других операций.

При неблокирующем построении индекса он попадает в системный каталог в одной транзакции, затем ещё два сканирования таблицы выполняются в двух других транзакциях. Перед каждым сканированием таблицы процедура построения индекса должна ждать завершения текущих транзакций, модифицировавших эту таблицу. После второго сканирования также необходимо дождаться завершения всех транзакций, получивших снимок (см. Главу 13) перед вторым сканированием. Наконец индекс может быть помечен как готовый к использованию, после чего команда `CREATE INDEX` завершается. Однако даже тогда индекс может быть не готов немедленно к применению в запросах: в худшем случае он не будет использоваться, пока существуют транзакции, начатые до начала построения индекса.

Если при сканировании таблицы возникает проблема, например взаимоблокировка или нарушение уникальности в уникальном индексе, команда `CREATE INDEX` завершится ошибкой, но оставит после себя «нерабочий» индекс. Этот индекс будет игнорироваться при чтении данных, так как он может быть неполным; однако с ним могут быть связаны дополнительные операции при изменениях. В `psql` встроенная команда `\d` помечает такой индекс как `INVALID`:

```
postgres=# \d tab
          Table "public.tab"
  Column | Type   | Collation | Nullable | Default
-----+-----+-----+-----+-----
  col    | integer |           |          |
Indexes:
    "idx" btree (col) INVALID
```

Рекомендуемый в таких случаях способ исправления ситуации — удалить индекс и затем попытаться снова выполнить `CREATE INDEX CONCURRENTLY`. (Кроме того, можно перестроить его с помощью команды `REINDEX`. Но так как `REINDEX` не поддерживает неблокирующий режим, вряд ли этот вариант будет желательным.)

Ещё одна сложность, с которой можно столкнуться при неблокирующем построении уникального индекса, заключается в том, что ограничение уникальности уже влияет на другие транзакции, когда второе сканирование таблицы только начинается. Это значит, что нарушения ограничения могут проявляться в других запросах до того, как индекс становится доступным для использования и даже тогда, когда создать индекс в итоге не удаётся. Кроме того, если при втором сканировании происходит ошибка, «нерабочий» индекс оставляет в силе своё ограничение уникальности и дальше.

Метод неблокирующего построения поддерживает также индексы выражений и частичные индексы. Ошибки, произошедшие при вычислении этих выражений, могут привести к такому же поведению, как в вышеописанных случаях с нарушением ограничений уникальности.

Обычное построение индекса допускает одновременное построение других индексов обычным методом, но неблокирующее построение в один момент времени допускается только одно. В любом

случае, никакие другие изменения схемы для данной таблицы в это время не разрешаются. Другое отличие состоит в том, что в блоке транзакции может быть выполнена обычная команда `CREATE INDEX`, но не `CREATE INDEX CONCURRENTLY`.

Замечания

Информацию о том, когда могут применяться, и когда не применяются индексы, и в каких конкретных ситуациях они могут быть полезны, можно найти в Главе 11.

В настоящее время составные индексы поддерживаются только методами В-дерево, GiST, GIN и BRIN. По умолчанию такой индекс может включать до 32 полей. (Этот предел можно изменить, пересобрав PostgreSQL.) Уникальные индексы поддерживает только В-дерево.

Для каждого столбца индекса можно задать *класс операторов*. Этот класс определяет, какие операторы будут использоваться индексом для этого столбца. Например, индекс-В-дерево по четырёхбайтовому целым будет использовать класс `int4_ops`; этот класс операторов включает функции сравнения для таких значений. На практике обычно достаточно использовать класс операторов по умолчанию для типа данных столбца. Существование классов операторов объясняется в первую очередь тем, что для некоторых типов данных можно предложить более одного осмысленного порядка сортировки. Например, может возникнуть желание отсортировать комплексные числа как по абсолютному значению, так и по вещественной части. Это можно сделать, определив два класса операторов для типа данных и выбрав подходящий класс при создании индекса. За дополнительными сведениями о классах операторов обратитесь к Разделу 11.9 и Разделу 38.15.

Когда команда `CREATE INDEX` вызывается для секционированной таблицы, по умолчанию её действие распространяется рекурсивно на все секции, с тем чтобы в них оказались соответствующие индексы. Сначала каждая секция проверяется на наличие равнозначного индекса, и, если таковой находится, он присоединяется как индекс секции к создаваемому, который таким образом становится родительским индексом. Если нужного индекса не оказывается, новый индекс автоматически создаётся и присоединяется к основному; имя индекса для каждой секции выбирается так же, как и при выполнении этой команды без имени индекса. С указанием `ONLY` рекурсия не производится и индекс помечается как нерабочий. (Команда `ALTER INDEX ... ATTACH PARTITION` пометит его как рабочий, когда он будет представлен во всех секциях). Однако заметьте, что в любой секции, создаваемой в будущем командой `CREATE TABLE ... PARTITION OF`, соответствующий индекс появится автоматически, вне зависимости от данного указания.

Для методов индекса, поддерживающих сканирование по порядку (в настоящее время это поддерживает только В-дерево), можно изменить порядок сортировки индекса, добавив необязательные предложения `ASC`, `DESC`, `NULLS FIRST` или `NULLS LAST`. Так как упорядоченный индекс можно сканировать вперёд или назад, обычно не имеет смысла создавать индекс по убыванию (`DESC`) для одного столбца — этот порядок сортировки можно получить и с обычным индексом. Эти параметры имеют смысл при создании составных индексов так, что они будут соответствовать порядку сортировки, указанному в запросе со смешанным порядком, например `SELECT ... ORDER BY x ASC, y DESC`. Параметры `NULLS` полезны, когда требуется реализовать поведение «NULL внизу», изменив стандартное «NULL сверху», в запросах, зависящих от индексов, чтобы избежать дополнительной сортировки.

Для большинства методов индексов скорость создания индекса зависит от значения `maintenance_work_mem`. Чем больше это значение, тем меньше времени требуется для создания индекса (если только заданное значение не превышает объём действительно доступной памяти, что влечёт за собой использование подкачки).

PostgreSQL может строить индексы, задействуя несколько процессоров для ускорения обработки строк таблицы. Это называется *параллельным построением индексов*. Для методов индексов, поддерживающих построение в параллельном режиме (в настоящее время это только В-дерево), параметр `maintenance_work_mem` задаёт максимальный объём памяти, который может быть выделен для одной операции построения индекса в целом, независимо от того, сколько рабочих процессов будет запущено. Целесообразность использования параллельных процессов и их оптимальное количество обычно автоматически определяется моделью стоимости.

Параллельное построение индексов может выиграть от увеличения `maintenance_work_mem` там, где для аналогичного последовательного построения индекса выигрыша не будет или он будет минимальным. Заметьте, что значение `maintenance_work_mem` может влиять на число запрашиваемых рабочих процессов, так как параллельным исполнителям должно быть выделено не менее 32МБ из общего бюджета `maintenance_work_mem`. Кроме того, 32МБ должно остаться для ведущего процесса. Увеличение `max_parallel_maintenance_workers` позволит создать больше исполнителей, что приведёт к уменьшению времени создания индекса, если только создание индекса уже не упирается в скорость ввода/вывода. Разумеется, для этого должно быть достаточно процессорных ресурсов, которые иначе бы простаивали.

Если в `ALTER TABLE` задаётся значение `parallel_workers`, именно оно определяет, сколько параллельных исполнителей будет запрашивать команда `CREATE INDEX` для данной таблицы. При этом полностью игнорируется модель стоимости, и `maintenance_work_mem` не влияет на определение количества параллельных исполнителей. Если параметру `parallel_workers` в `ALTER TABLE` присваивается 0, параллельное построение индексов для этой таблицы полностью отключается.

Подсказка

После изменения параметра `parallel_workers` в ходе оптимизации построения индексов имеет смысл сбросить его. Это предотвратит нежелательные изменения планов запросов, так как `parallel_workers` влияет на все параллельные сканирования таблицы.

Хотя `CREATE INDEX` с указанием `CONCURRENTLY` поддерживает параллельное построение без особых ограничений, фактически в параллельном режиме выполняется только первое сканирование таблицы.

Для удаления индекса применяется `DROP INDEX`.

В предыдущих выпусках PostgreSQL также поддерживался метод индекса R-дерево. Сейчас он отсутствует, так как он не даёт значительных преимуществ по сравнению с GiST. Указание `USING rtree` команда `CREATE INDEX` будет интерпретировать как `USING gist`, для упрощения перевода старых баз на GiST.

Примеры

Создание уникального индекса-B-дерева по столбцу `title` в таблице `films`:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title);
```

Создание уникального индекса-B-дерева по столбцу `title`, а также включённым столбцам `director` и `rating` в таблице `films`:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title) INCLUDE (director, rating);
```

Создание индекса по выражению `lower(title)`, позволяющего эффективно выполнять регистронезависимый поиск:

```
CREATE INDEX ON films ((lower(title)));
```

(В этом примере мы решили опустить имя индекса, чтобы имя выбрала система, например `films_lower_idx`.)

Создание индекса с нестандартным правилом сортировки:

```
CREATE INDEX title_idx_german ON films (title COLLATE "de_DE");
```

Создание индекса с нестандартным порядком значений `NULL`:

```
CREATE INDEX title_idx_nulls_low ON films (title NULLS FIRST);
```

Создание индекса с нестандартным фактором заполнения:

```
CREATE UNIQUE INDEX title_idx ON films (title) WITH (fillfactor = 70);
```

Создание индекса GIN с отключённым механизмом быстрого обновления:

```
CREATE INDEX gin_idx ON documents_table USING GIN (locations) WITH (fastupdate = off);
```

Создание индекса по столбцу code в таблице films и размещение его в табличном пространстве indexspace:

```
CREATE INDEX code_idx ON films (code) TABLESPACE indexspace;
```

Создание индекса GiST по координатам точек, позволяющего эффективно использовать операторы box с результатом функции преобразования:

```
CREATE INDEX pointloc  
    ON points USING gist (box(location,location));  
SELECT * FROM points  
    WHERE box(location,location) && '(0,0),(1,1)::box;
```

Создание индекса без блокировки записи в таблицу:

```
CREATE INDEX CONCURRENTLY sales_quantity_index ON sales_table (quantity);
```

Совместимость

CREATE INDEX является языковым расширением PostgreSQL. Средства обеспечения индексов в стандарте SQL не описаны.

См. также

ALTER INDEX, DROP INDEX

CREATE LANGUAGE

CREATE LANGUAGE — создать процедурный язык

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
CREATE [ OR REPLACE ] [ TRUSTED ] [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя
    HANDLER обработчик_вызова [ INLINE обработчик_внедрённого_кода ]
    [ VALIDATOR функция_проверки ]
```

Описание

CREATE LANGUAGE регистрирует в базе данных PostgreSQL новый процедурный язык. Впоследствии на этом языке можно будет определять новые функции и процедуры.

Примечание

Начиная с PostgreSQL 9.1, большинство процедурных языков были преобразованы в «расширения», так что они теперь устанавливаются посредством CREATE EXTENSION, а не CREATE LANGUAGE. Прямое использование CREATE LANGUAGE теперь следует ограничить скриптами установки расширений. Если в вашей базе данных есть «чистое» определение языка, полученное в результате обновления, его можно преобразовать в расширение, выполнив CREATE EXTENSION имя_языка FROM unpackaged.

CREATE LANGUAGE по сути связывает имя языка с функциями-обработчиками, исполняющими код, написанный на этом языке. За дополнительными сведениями о языковых обработчиках обратитесь к Главе 56.

Команда CREATE LANGUAGE имеет две формы. В первой форме пользователь задаёт только имя создаваемого языка, и сервер PostgreSQL получает подходящие параметры, обращаясь к системному каталогу pg_pltemplate. Во второй форме пользователь указывает параметры языка вместе с его именем. Вторая форма позволяет создать язык, не определённый заранее в pg_pltemplate, но этот подход считается устаревшим.

Когда сервер находит в каталоге pg_pltemplate запись для заданного имени языка, он будет использовать данные из каталога, даже если параметры языка указаны в команде. Это поведение упрощает загрузку экспортированных ранее файлов, которые, скорее всего, будут содержать устаревшую информацию о функциях поддержки языка.

Обычно, для того чтобы зарегистрировать новый язык, необходимо иметь право суперпользователя PostgreSQL. Однако владелец базы данных может зарегистрировать новый язык в этой базе данных, если язык определён в каталоге pg_pltemplate и помечен как допускающий создание владельцами БД (tmpldbacreate содержит true). По умолчанию доверенные языки могут создаваться владельцами базы данных, но это можно изменить, внося коррективы в pg_pltemplate. Создатель языка становится его владельцем и может впоследствии удалить или переименовать его, либо назначить другого владельца.

CREATE OR REPLACE LANGUAGE создаст новый язык, либо заменит существующее определение. Если язык уже существует, его параметры изменяются в соответствии со значениями, указанными в команде или полученными из pg_pltemplate, при этом владелец языка и права доступа к нему не меняются, и все существующие функции, написанные на этом языке, по-прежнему считаются рабочими. Помимо обладания обычными правами, требующимися для создания языка, пользователь должен быть суперпользователем или владельцем существующего языка. Вариант с REPLACE в основном предназначен для случаев, когда язык уже существует. Если для языка есть запись

в `pg_pltemplate`, то `REPLACE` фактически ничего не меняет в существующем определении, кроме исключительного случая, когда запись в `pg_pltemplate` была изменена после создания языка.

Параметры

TRUSTED

Указание **TRUSTED** (доверенный) означает, что язык не даёт пользователю доступ к данным, к которым он не имел бы доступа без него. Если при регистрации языка это ключевое слово опущено, использовать этот язык для создания новых функций смогут только суперпользователи PostgreSQL.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

имя

Имя процедурного языка. Оно должно быть уникальным среди всех языков в базе данных.

В целях обратной совместимости имя можно заключить в апострофы.

HANDLER *обработчик_вызова*

Здесь *обработчик_вызова* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для исполнения процедур (функций) на этом языке. Обработчик вызова для процедурного языка должен быть написан на компилируемом языке, например, на C, с соглашениями о вызовах версии 1 и зарегистрирован в PostgreSQL как функция без аргументов, возвращающая фиктивный тип `language_handler`, который просто показывает, что эта функция — обработчик вызова.

INLINE *обработчик_внедрённого_кода*

Здесь *обработчик_внедрённого_кода* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться для выполнения анонимного блока кода (команды `DO`) на этом языке. Если *обработчик_внедрённого_кода* не определён, данный язык не будет поддерживать анонимные блоки кода. Этот обработчик должен принимать один аргумент типа `internal`, содержащий внутреннее представление команды `DO`, и обычно возвращает тип `void`. Значение, возвращаемое этим обработчиком, игнорируется.

VALIDATOR *функция_проверки*

Здесь *функция_проверки* — имя ранее зарегистрированной функции, которая будет вызываться при создании новой функции на этом языке и проверять её. Если функция проверки не задана, функции на этом языке при создании проверяться не будут. Функция проверки должна принимать один аргумент типа `oid` с идентификатором создаваемой функции и обычно возвращает `void`.

Функция проверки обычно проверяет тело создаваемой функции на синтаксические ошибки, но может также проанализировать и другие характеристики функции, например, поддержку определённых типов аргументов этим языком. Значение, возвращаемое этой функцией, игнорируется, об ошибках она должна сигнализировать, вызывая `ereport()`.

Параметр **TRUSTED** и имена вспомогательных функций игнорируются, если на сервере для указанного языка имеется запись в `pg_pltemplate`.

Замечания

Для удаления процедурных языков следует использовать `DROP LANGUAGE`.

В системном каталоге `pg_language` (см. Раздел 52.29) записывается информация о языках, установленных в данный момент. Список установленных языков также показывает команда `\dl` в `psql`.

Чтобы создавать функции на процедурном языке, пользователь должен иметь право `USAGE` для этого языка. По умолчанию для доверенных языков право `USAGE` даётся роли `PUBLIC` (т. е. всем), однако при желании его можно отозвать.

Процедурные языки являются локальными по отношению к базам данных. Тем не менее, язык можно установить в базу данных `template1`, в результате чего он будет автоматически доступен во всех базах данных, создаваемых из неё впоследствии.

Обработчик вызова, обработчик встроенного кода (при наличии) и функция проверки (при наличии) должны уже существовать, если на сервере нет записи для этого языка в `pg_pltemplate`. Но если такая запись уже есть, функции могут не существовать — в случае отсутствия в базе данных они будут определены автоматически. (Это может привести к сбою в `CREATE LANGUAGE`, если в установленной системе не найдётся разделяемая библиотека, реализующая этот язык.)

В PostgreSQL до версии 7.3 обязательно требовалось объявить функции-обработчики, как возвращающие фиктивный тип `opaque`, а не `language_handler`. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, команда `CREATE LANGUAGE` принимает функции с объявленным типом результата `opaque`, но при этом выдаётся предупреждение и тип результата меняется на `language_handler`.

Примеры

Предпочитаемый способ создания любых процедурных языков довольно прост:

```
CREATE LANGUAGE plperl;
```

Для языка, не представленного в каталоге `pg_pltemplate`, требуется выполнить следующие действия:

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler() RETURNS language_handler
AS '$libdir/plsample'
LANGUAGE C;
CREATE LANGUAGE plsample
HANDLER plsample_call_handler;
```

Совместимость

`CREATE LANGUAGE` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER LANGUAGE`, `CREATE FUNCTION`, `DROP LANGUAGE`, `GRANT`, `REVOKE`

CREATE MATERIALIZED VIEW

CREATE MATERIALIZED VIEW — создать материализованное представление

Синтаксис

```
CREATE MATERIALIZED VIEW [ IF NOT EXISTS ] имя_таблицы
  [ (имя_столбца [, ...] ) ]
  [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ...] ) ]
  [ TABLESPACE табл_пространство ]
  AS запрос
  [ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

CREATE MATERIALIZED VIEW определяет материализованное представление запроса. Заданный запрос выполняется и наполняет представление в момент вызова команды (если только не указано WITH NO DATA). Обновить представление позже можно, выполнив REFRESH MATERIALIZED VIEW.

Команда CREATE MATERIALIZED VIEW подобна CREATE TABLE AS, за исключением того, что она запоминает запрос, порождающий представление, так что это представление можно позже обновить по требованию. Материализованные представления сходны с таблицами во многом, но не во всём; например, не поддерживаются временные материализованные представления и автоматическая генерация OID.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если материализованное представление с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее материализованное представление как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемого материализованного представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца в создаваемом материализованном представлении. Если имена столбцов не заданы явно, они определяются по именам столбцов результата запроса.

WITH (*параметр_хранения* [= *значение*] [, ...])

Это предложение задаёт дополнительные параметры хранения для создаваемого материализованного представления; подробнее о них можно узнать в Подразделе «Параметры хранения». Все параметры, которые поддерживает CREATE TABLE, поддерживает так же и CREATE MATERIALIZED VIEW, за исключением OIDS. За дополнительной информацией обратитесь к CREATE TABLE.

TABLESPACE *табл_пространство*

Здесь *табл_пространство* — имя табличного пространства, в котором будет создано материализованное представление. Если оно не задано, выбирается default_tablespace.

запрос

Команда SELECT, TABLE или VALUES. Эта команда будет выполняться в контексте с ограничениями по безопасности; в частности, будут запрещены вызовы функций, которые сами создают временные таблицы.

WITH [NO] DATA

Это предложение указывает, будет ли материализованное представление наполняться в момент создания. Если материализованное представление не наполняется, оно помечается как нечитаемое, так что к нему нельзя будет обращаться до выполнения `REFRESH MATERIALIZED VIEW`.

Совместимость

`CREATE MATERIALIZED VIEW` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER MATERIALIZED VIEW`, `CREATE TABLE AS`, `CREATE VIEW`, `DROP MATERIALIZED VIEW`, `REFRESH MATERIALIZED VIEW`

CREATE OPERATOR

CREATE OPERATOR — создать оператор

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR имя (
    {FUNCTION|PROCEDURE} = имя_функции
    [, LEFTARG = тип_слева ] [, RIGHTARG = тип_справа ]
    [, COMMUTATOR = коммут_оператор ] [, NEGATOR = обратный_оператор ]
    [, RESTRICT = процедура_ограничения ] [, JOIN = процедура_соединения ]
    [, HASHES ] [, MERGES ]
)
```

Описание

CREATE OPERATOR определяет новый оператор, *имя*. Владельцем оператора становится пользователь, его создавший. Если указано имя схемы, оператор создаётся в ней, в противном случае — в текущей схеме.

Имя оператора образует последовательность из нескольких символов (не более чем NAMEDATALEN-1, по умолчанию 63) из следующего списка:

+ - * / < > = ~ ! @ # % ^ & | ` ?

Однако выбор имени ограничен ещё следующими условиями:

- Сочетания символов -- и /* не могут присутствовать в имени оператора, так как они будут обозначать начало комментария.
- Многосимвольное имя оператора не может заканчиваться знаком + или -, если только оно не содержит также один из этих символов:

~ ! @ # % ^ & | ` ?

Например, @- — допустимое имя оператора, а *- — нет. Благодаря этому ограничению, PostgreSQL может разбирать корректные SQL-запросы без пробелов между компонентами.

- Использование => в качестве имени оператора считается устаревшим и может быть вовсе запрещено в будущих выпусках.

Оператор != отображается в <> при вводе, так что эти два имени всегда равнозначны.

Необходимо определить либо LEFTARG, либо RIGHTARG, а для бинарных операторов оба аргумента. Для правых унарных операторов должен быть определён только LEFTARG, а для левых унарных — только RIGHTARG.

Функция *имя_функции* должна быть уже определена с помощью CREATE FUNCTION и иметь соответствующее число аргументов (один или два) указанных типов.

В синтаксисе CREATE OPERATOR ключевые слова FUNCTION и PROCEDURE равнозначны, но указываемая функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово PROCEDURE здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

Другие предложения определяют дополнительные характеристики оптимизации. Их значение описано в Разделе 38.14.

Чтобы создать оператор, необходимо иметь право USAGE для типов аргументов и результата, а также право EXECUTE для нижележащей функции. Если указывается коммутативный или обратный оператор, нужно быть его владельцем.

Параметры

имя

Имя определяемого оператора. Допустимые в нём символы перечислены ниже. Указанное имя может быть дополнено схемой, например так: `CREATE OPERATOR myschema.+ (...)`. Если схема не указана, оператор создаётся в текущей схеме. При этом два оператора в одной схеме могут иметь одно имя, если они работают с разными типами данных. Такое определение операторов называется *перегрузкой*.

имя_функции

Функция, реализующая этот оператор.

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора, если он есть. Этот параметр опускается для левых унарных операторов.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора, если он есть. Этот параметр опускается для правых унарных операторов.

коммут_оператор

Оператор, коммутирующий для данного.

обратный_оператор

Оператор, обратный для данного.

процедура_ограничения

Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора.

процедура_соединения

Функция оценки избирательности соединения для этого оператора.

HASHES

Показывает, что этот оператор поддерживает соединение по хешу.

MERGES

Показывает, что этот оператор поддерживает соединение слиянием.

Чтобы задать имя оператора с указанием схемы в *коммут_оператор* или другом дополнительном аргументе, применяется синтаксис `OPERATOR()`, например:

```
COMMUTATOR = OPERATOR(myschema.===) ,
```

Замечания

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 38.13.

Задать лексический приоритет оператора в команде `CREATE OPERATOR` невозможно, так как обработка приоритетов жёстко зашита в анализаторе. Подробнее приоритеты описаны в Подразделе 4.1.6.

Устаревшие параметры `SORT1`, `SORT2`, `LTCMP` и `GTCMP` ранее использовались для определения имён операторов сортировки, связанных с оператором, применяемым при соединении слиянием. Теперь это не требуется, так как информацию о связанных операторах теперь дают семейства операторов В-дерева. Если в команде отсутствует явное указание `MERGES`, все эти параметры игнорируются.

Для удаления пользовательских операторов из базы данных применяется `DROP OPERATOR`, а для изменения их свойств — `ALTER OPERATOR`.

Примеры

Следующая команда определяет новый оператор, проверяющий равенство площадей, для типа `box`:

```
CREATE OPERATOR === (  
    LEFTARG = box,  
    RIGHTARG = box,  
    FUNCTION = area_equal_function,  
    COMMUTATOR = ===,  
    NEGATOR = !==,  
    RESTRICT = area_restriction_function,  
    JOIN = area_join_function,  
    HASHES, MERGES  
);
```

Совместимость

`CREATE OPERATOR` является языковым расширением PostgreSQL. Средства определения пользовательских операторов в стандарте SQL не описаны.

См. также

`ALTER OPERATOR`, `CREATE OPERATOR CLASS`, `DROP OPERATOR`

CREATE OPERATOR CLASS

CREATE OPERATOR CLASS — создать класс операторов

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR CLASS имя [ DEFAULT ] FOR TYPE тип_данных
  USING метод_индекса [ FAMILY имя_семейства ] AS
  { OPERATOR номер_стратегии имя_оператора [ ( тип_операнда, тип_операнда ) ] [ FOR
  SEARCH | FOR ORDER BY семейство_сортировки ]
    | FUNCTION номер_опорной_функции [ ( тип_операнда [ , тип_операнда ] ) ] имя_функции
    ( тип_аргумента [ , ... ] )
    | STORAGE тип_хранения
  } [ , ... ]
```

Описание

CREATE OPERATOR CLASS создаёт класс операторов. Класс операторов устанавливает, как данный тип будет использоваться в индексе, определяя, какие операторы исполняют конкретные роли или «стратегии» для этого типа данных и метода индекса. Также класс операторов определяет опорные функции, которые будет задействовать метод индекса в случае выбора данного класса для столбца индекса. Все операторы и функции, используемые классом операторов, должны существовать до создания этого класса.

Если указывается имя схемы, класс операторов создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Два класса операторов в одной схеме могут иметь одинаковые имена, только если они предназначены для разных методов индекса.

Владельцем класса операторов становится пользователь, создавший его. В настоящее время создавать классы операторов могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение класса может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

CREATE OPERATOR CLASS в настоящее время не проверяет, включает ли определение класса операторов все операторы и функции, требуемые для метода индекса, и образуют ли они целостный набор. Ответственность за правильность определения класса операторов лежит на пользователе.

Связанные классы операторов могут быть сгруппированы в *семейства операторов*. Чтобы поместить класс в существующее семейство, добавьте параметр FAMILY в CREATE OPERATOR CLASS. Без этого параметра новый класс помещается в семейство, имеющее то же имя, что и класс (если такое семейство не существует, оно создаётся).

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 38.15.

Параметры

имя

Имя создаваемого класса операторов, возможно, дополненное схемой.

DEFAULT

Если присутствует это указание, класс операторов становится классом по умолчанию для своего типа данных. Для определённого типа данных и метода индекса можно определить не больше одного класса операторов по умолчанию.

тип_данных

Тип данных столбца, для которого предназначен этот класс операторов.

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

имя_семейства

Имя существующего семейства операторов, в которое будет добавлен этот класс. Если не указано, подразумевается семейство с тем же именем, что и класс (если такое семейство не существует, оно создаётся).

номер_стратегии

Номер стратегии индексного метода для оператора, связанного с данным классом операторов.

имя_оператора

Имя (возможно, дополненное схемой) оператора, связанного с данным классом операторов.

тип_операнда

В предложении `OPERATOR` это тип данных операнда, либо ключевое слово `NONE`, характеризующее левый унарный или правый унарный оператор. Типы операндов обычно можно опустить, когда они совпадают с типом данных класса операторов.

В предложении `FUNCTION` это тип данных операнда, который должна поддерживать эта функция, если он отличается от входного типа данных функции (для функций сравнения в B-деревьях и хеш-функций) или типа данных класса (для функций поддержки сортировки в B-деревьях и всех функций в классах операторов `GiST`, `SP-GiST`, `GIN` и `BRIN`). Обычно предполагаемые по умолчанию типы оказываются верными, так что *тип_операнда* указывать в `FUNCTION` не нужно, кроме функций сортировки B-дерева, предназначенных для сравнений разных типов данных.

семейство_сортировки

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов `btree`, описывающего порядок сортировки, связанный с оператором сортировки.

Если не указано ни `FOR SEARCH` (для поиска), ни `FOR ORDER BY` (для сортировки), подразумевается `FOR SEARCH`.

номер_опорной_функции

Номер опорной функции индексного метода для функции, связанной с данным классом операторов.

имя_функции

Имя (возможно, дополненное схемой) функции, которая является опорной функцией индексного метода для данного класса операторов.

тип_аргумента

Тип данных параметра функции.

тип_хранения

Тип данных, фактически сохраняемых в индексе. Обычно это тип данных столбца, но некоторые методы индекса (в настоящее время, `GiST`, `GIN` и `BRIN`) могут работать с отличным от него типом. Предложение `STORAGE` может присутствовать, только если метод индекса позволяет использовать другой тип данных. Если *тип_данных* столбца задан как `anyarray`, *тип_хранения* может быть объявлен как `anyelement`, чтобы показать, что записи в индексе являются членами типа элемента, принадлежащего к фактическому типу массива, для которого создаётся конкретный индекс.

Предложения `OPERATOR`, `FUNCTION` и `STORAGE` могут указываться в любом порядке.

Замечания

Так как механизмы индексов не проверяют права доступа к функциям, прежде чем вызывать их, включение функций или операторов в класс операторов по сути даёт всем право на выполнение их. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в классе операторов.

Операторы не должны реализовываться в функциях на языке SQL. SQL-функция вероятнее всего будет встроена в вызывающий запрос, что помешает оптимизатору понять, что этот запрос соответствует индексу.

До PostgreSQL 8.4 предложение `OPERATOR` могло включать указание `RECHECK`. Теперь это не поддерживается, так как оператор индекса может быть «неточным» и это определяется на ходу в момент выполнения. Это позволяет эффективно справляться с ситуациями, когда оператор может быть или не быть неточным.

Примеры

Команда в следующем примере определяет класс операторов индекса GiST для типа данных `_int4` (массива из `int4`). Полный пример приведён в модуле `intarray`.

```
CREATE OPERATOR CLASS gist__int_ops
  DEFAULT FOR TYPE _int4 USING gist AS
    OPERATOR      3      &&,
    OPERATOR      6      = (anyarray, anyarray),
    OPERATOR      7      @>,
    OPERATOR      8      <@,
    OPERATOR     20      @@ (_int4, query_int),
    FUNCTION       1      g_int_consistent (internal, _int4, smallint, oid,
internal),
    FUNCTION       2      g_int_union (internal, internal),
    FUNCTION       3      g_int_compress (internal),
    FUNCTION       4      g_int_decompress (internal),
    FUNCTION       5      g_int_penalty (internal, internal, internal),
    FUNCTION       6      g_int_picksplit (internal, internal),
    FUNCTION       7      g_int_same (_int4, _int4, internal);
```

Совместимость

`CREATE OPERATOR CLASS` является расширением PostgreSQL. Команда `CREATE OPERATOR CLASS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER OPERATOR CLASS`, `DROP OPERATOR CLASS`, `CREATE OPERATOR FAMILY`, `ALTER OPERATOR FAMILY`

CREATE OPERATOR FAMILY

CREATE OPERATOR FAMILY — создать семейство операторов

Синтаксис

```
CREATE OPERATOR FAMILY имя USING метод_индекса
```

Описание

CREATE OPERATOR FAMILY создаёт новое семейство операторов. Семейство операторов определяет коллекцию связанных классов операторов и, возможно, некоторые дополнительные операторы и вспомогательные функции, совместимые с этими классами, но не требующиеся для функционирования каких-либо индексов. (Операторы и функции, требующиеся для работы индексов, следует группировать в соответствующем классе операторов, а не «слабо» связывать в семействе операторов. Обычно операторы с операндами одного типа привязываются к классам операторов, тогда как операторы для двух разных типов могут быть слабо связаны в семействе, содержащем классы операторов для обоих типов.)

Создаваемое семейство операторов изначально не содержит ничего. Оно должно наполняться последующими командами CREATE OPERATOR CLASS, добавляющими в него классы операторов, и, возможно, командами ALTER OPERATOR FAMILY, добавляющими «слабосвязанные» операторы и соответствующие вспомогательные функции.

Если указывается имя схемы, семейство операторов создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Два семейства операторов в одной схеме могут иметь одинаковые имена, только если они предназначены для разных методов индекса.

Владельцем семейства операторов становится пользователь, создавший его. В настоящее время создавать семейства операторов могут только суперпользователи. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение семейства может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 38.15.

Параметры

имя

Имя создаваемого семейства операторов, возможно, дополненное схемой.

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

Совместимость

CREATE OPERATOR FAMILY является расширением PostgreSQL. Команда CREATE OPERATOR FAMILY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR FAMILY, DROP OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR CLASS, ALTER OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

CREATE POLICY

CREATE POLICY — создать новую политику защиты на уровне строк для таблицы

Синтаксис

```
CREATE POLICY имя ON имя_таблицы
[ AS { PERMISSIVE | RESTRICTIVE } ]
[ FOR { ALL | SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE } ]
[ TO { имя_роли | PUBLIC | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] ]
[ USING ( выражение_USING ) ]
[ WITH CHECK ( выражение_CHECK ) ]
```

Описание

Команда CREATE POLICY определяет для таблицы новую политику защиты на уровне строк. Заметьте, что для таблицы должна быть включена защита на уровне строк (using ALTER TABLE ... ENABLE ROW LEVEL SECURITY), чтобы созданные политики действовали.

Политика даёт разрешение на выборку, добавление, изменение или удаление строк, удовлетворяющих соответствующему выражению политики. Существующие строки таблицы проверяются по выражению, указанному в USING, тогда как строки, которые могут быть созданы командами INSERT или UPDATE проверяются по выражению, указанному в WITH CHECK. Когда выражение USING истинно для заданной строки, эта строка видна пользователю, а если ложно или выдаёт NULL, строка не видна. Когда выражение WITH CHECK истинно для заданной строки, эта строка добавляется или изменяется, а если ложно или выдаёт NULL, происходит ошибка.

Для операторов INSERT и UPDATE выражения WITH CHECK применяются после срабатывания триггеров BEFORE, но до того, как будут собственно модифицированы данные. Таким образом, триггер BEFORE ROW может изменить данные, подлежащие добавлению, и повлиять на результат условия политики защиты. Выражения WITH CHECK обрабатываются до каких-либо других ограничений.

Имена политик задаются на уровне таблицы. Таким образом, одно имя политики можно использовать в нескольких разных таблицах и в каждой дать отдельное, подходящее этой таблице определение политики.

Политики могут применяться для определённых команд или для определённых ролей. По умолчанию создаваемые политики применяются для всех команд и ролей, если явно не задано другое. К одной команде могут применяться несколько политик; подробнее рассказывается ниже. В Таблице 240 показано, как к определённым командам применяются разные типы политик.

Для политик, которые могут иметь и выражения USING, и выражения WITH CHECK (ALL и UPDATE), в случае отсутствия выражения WITH CHECK выражение USING будет использоваться и для определения видимости строк (обычное назначение USING) и для определения, какие строки разрешено добавить (назначение WITH CHECK).

Если для таблицы включена защита на уровне строк, но применимые политики отсутствуют, предполагается политика «запрета по умолчанию», так что никакие строки нельзя будет увидеть или изменить.

Параметры

имя

Имя создаваемой политики. Оно должно отличаться от имён других политик для этой таблицы.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется эта политика.

PERMISSIVE

Указывает, что создаваемая политика должна быть разрешительной. Все разрешительные политики, которые применяются к данному запросу, будут объединяться вместе логическим оператором «ИЛИ». Создавая разрешительные политики, администраторы могут расширять множество записей, к которым можно обращаться. Политики являются разрешительными по умолчанию.

RESTRICTIVE

Указывает, что создаваемая политика должна быть ограничительной. Все ограничительные политики, которые применяются к данному запросу, будут объединяться вместе логическим оператором «И». Создавая ограничительные политики, администраторы могут сократить множество записей, к которым можно обращаться, так как для каждой записи должны удовлетворяться все ограничительные политики.

Заметьте, что для получения доступа к записям должна быть определена минимум одна разрешительная политика, и только в дополнение к ней могут быть определены имеющие смысл ограничительные политики, ограничивающие доступ. Если разрешительные политики отсутствуют, ни к каким записям обращаться нельзя. Когда определены и разрешительные, и ограничительные политики, запись будет доступна, если удовлетворяется минимум одна из разрешительных политик и все ограничительные.

команда

Команда, к которой применяется политика. Допустимые варианты: `ALL`, `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. `ALL` (все) подразумевается по умолчанию. Особенности их применения описаны ниже.

имя_роли

Роль (роли), к которой применяется политика. По умолчанию подразумевается `PUBLIC`, то есть политика применяется ко всем ролям.

выражение_USING

Произвольное условное выражение SQL (возвращающее `boolean`). Это условное выражение не может содержать агрегатные или оконные функции. Когда включена защита на уровне строк, оно добавляется в запросы, обращающиеся к данной таблице, и в их результатах оказываются видимыми только те строки, для которых оно выдаёт `true`. Все строки, для которых это выражение возвращает `false` или `NULL`, не будут видны пользователю (в запросе `SELECT`), и не будут доступны для модификации (запросами `UPDATE` или `DELETE`). Такая строка просто пропускается, ошибка при этом не выдаётся.

выражение_CHECK

Произвольное условное выражение SQL (возвращающее `boolean`). Это условное выражение не может содержать агрегатные или оконные функции. Когда включена защита на уровне строк, оно применяется в запросах `INSERT` и `UPDATE` к этой таблице, так что в них принимаются только те строки, для которых оно выдаёт `true`. Если это выражение выдаёт `false` или `NULL` для любой из добавляемых записей или записей, получаемых при изменении, выдаётся ошибка. Заметьте, что *ограничение_проверки* вычисляется для предлагаемого нового содержимого строки, а не для существующих данных.

Политики по командам

ALL

Указание `ALL` для политики означает, что она применяется ко всем командам, вне зависимости от типа. Если существует политика `ALL` и другие более детализированные политики, тогда будет применяться и политика `ALL`, и более детализированная политика (или политики). Кроме того, политики `ALL` с выражением `USING` будут применяться и к стороне выборки, и к стороне изменения данных в запросе, если определено только выражение `USING`.

Например, когда выполняется `UPDATE`, политика `ALL` будет фильтровать и строки, которые сможет прочитать `UPDATE` для изменения (применяя выражение `USING`), и окончательные изменён-

ные строки, проверяя, можно ли записать их в таблицу (применяя выражение `WITH CHECK`, если оно определено, или `USING` в противном случае). Если команда `INSERT` или `UPDATE` пытается добавить в таблицу строки, не удовлетворяющие выражению `WITH CHECK` политики `ALL`, вся команда будет прервана.

SELECT

Указание `SELECT` для политики означает, что она применяется к запросам `SELECT` и тогда, когда при обращении к отношению, для которого определена политика, задействуется право `SELECT`. В результате запрос `SELECT` выдаст только те записи из отношения, которые удовлетворят политике `SELECT`, и запрос, использующий право `SELECT`, например, запрос `UPDATE`, увидит только записи, разрешённые политикой `SELECT`. Для политики `SELECT` не может задаваться выражение `WITH CHECK`, так как оно действует только когда записи читаются из отношения.

INSERT

Указание `INSERT` для политики означает, что она применяется к командам `INSERT`. Если вставляемые строки не проходят проверку политики, выдаётся ошибка нарушения политики и вся команда `INSERT` прерывается. Для политики `INSERT` не может задаваться выражение `USING`, так как она действует только когда в отношение добавляются записи.

Заметьте, что `INSERT` с указанием `ON CONFLICT DO UPDATE` проверяет выражения `WITH CHECK` политик `INSERT` только для строк, добавляемых в отношение по пути `INSERT`.

UPDATE

Выбор типа `UPDATE` для политики означает, что она будет применяться к командам `UPDATE`, `SELECT FOR UPDATE` и `SELECT FOR SHARE`, а также к дополнительным предложениям `ON CONFLICT DO UPDATE` команд `INSERT`. Так как `UPDATE` подразумевает извлечение существующей записи и замену её новой изменённой записью, политики `UPDATE` принимают как выражение `USING`, так и `WITH CHECK`. Выражение `USING` определяет, какие записи команда `UPDATE` сможет увидеть для последующего изменения, а выражение `WITH CHECK` — какие изменённые строки сохранить в отношении.

Если в какой-либо строке изменённые значения не будут удовлетворять выражению `WITH CHECK`, произойдёт ошибка и вся команда будет прервана. Если указывается только предложение `USING`, его выражение будет применяться и в качестве `USING`, и в качестве выражения `WITH CHECK`.

Обычно команде `UPDATE` также нужно прочесть данные из столбцов подлежащего изменению отношения (например, в предложении `WHERE` или `RETURNING` либо в выражении в правой части предложения `SET`). В этом случае также требуется иметь права `SELECT` в изменяемом отношении и в дополнение к политикам `UPDATE` будут применяться соответствующие политики `SELECT` или `ALL`. Таким образом, помимо того, что пользователю должны разрешать изменение строк политики `UPDATE` или `ALL`, ему также должны разрешать доступ к изменяемым строкам политики `SELECT` или `ALL`.

Когда для команды `INSERT` задано вспомогательное предложение `ON CONFLICT DO UPDATE`, если выбирается путь `UPDATE`, строка, подлежащая изменению, сначала проверяется по выражениям `USING` всех политик `UPDATE`, а затем изменённая строка ещё раз проверяется по выражениям `WITH CHECK`. Заметьте, однако, что в отличие от отдельной команды `UPDATE`, если существующая строка не удовлетворяет выражениям `USING`, будет выдана ошибка (путь `UPDATE` *никогда* не пропускается неявно).

DELETE

Указание `DELETE` для политики означает, что она применяется к командам `DELETE`. Команда `DELETE` будет видеть только те строки, которые позволит эта политика. При этом строки могут быть видны через `SELECT`, но удалить их будет нельзя, если они не удовлетворяют выражению `USING` политики `DELETE`.

В большинстве случаев команде `DELETE` также нужно прочитать данные из столбцов в отношении, из которого осуществляется удаление (например, в предложении `WHERE` или `RETURNING`). В таких случаях необходимо также иметь право `SELECT` для этого отношения, и в дополнение к политикам `DELETE` будут применяться соответствующие политики `SELECT` или `ALL`. Таким образом, пользователь должен получить доступ к удаляемым строкам через политики `SELECT` или `ALL`, помимо того что удаление этих строк ему должны разрешить политики `DELETE` или `ALL`.

Для политики `DELETE` не может задаваться выражение `WITH CHECK`, так как она применяется только тогда, когда записи удаляются из отношения, а в этом случае новые строки, подлежащие проверке, отсутствуют.

Таблица 240. Политики, применяемые для разных команд

Команда	Политика <code>SELECT/ALL</code>	Политика <code>INSERT/ALL</code>	Политика <code>UPDATE/ALL</code>		Политика <code>DELETE/ALL</code>
	Выражение <code>USING</code>	Выражение <code>WITH CHECK</code>	Выражение <code>USING</code>	Выражение <code>WITH CHECK</code>	Выражение <code>USING</code>
<code>SELECT</code>	Существующая строка	—	—	—	—
<code>SELECT FOR UPDATE/SHARE</code>	Существующая строка	—	Существующая строка	—	—
<code>INSERT</code>	—	Новая строка	—	—	—
<code>INSERT ... RETURNING</code>	Новая строка ^a	Новая строка	—	—	—
<code>UPDATE</code>	Существующие и новые строки ^a	—	Существующая строка	Новая строка	—
<code>DELETE</code>	Существующая строка ^a	—	—	—	Существующая строка
<code>ON CONFLICT DO UPDATE</code>	Существующие и новые строки	—	Существующая строка	Новая строка	—

^aЕсли для существующей или новой строки требуется доступ на чтение (например, предложение `WHERE` или `RETURNING`, обращающееся к столбцам отношения).

Применение нескольких политик

Когда к одной команде применяются несколько политик для различных типов команд (как например, политики `SELECT` и `UPDATE` применяются к команде `UPDATE`), пользователь должен иметь разрешения всех этих типов (например, разрешение для выборки строк из отношения, а также разрешение на их изменение). Таким образом, выражения для одного типа политики комбинируются с выражениями для другого типа операцией `и`.

Когда к одной команде применяются несколько политик для одного типа команды, доступ к отношению должна дать как минимум одна разрешительная (`PERMISSIVE`) политика, а также должны удовлетворяться все ограничительные (`RESTRICTIVE`) политики. Таким образом выражения всех политик `PERMISSIVE` объединяются операцией `или`, выражения всех политик `RESTRICTIVE` объединяются операцией `и`, а полученные результаты объединяются операцией `и`. Если политики `PERMISSIVE` отсутствуют, доступ запрещается.

Заметьте, что при объединении нескольких политик, политики `ALL` применяются как политики каждого применимого в данном случае типа.

Например, в команде `UPDATE`, требующей разрешений и для `SELECT`, и для `UPDATE`, в случае существования нескольких применимых политик каждого типа они будут объединяться следующим образом:

выражение from RESTRICTIVE SELECT/ALL policy 1

```
AND
выражение from RESTRICTIVE SELECT/ALL policy 2
AND
...
AND
(
    выражение from PERMISSIVE SELECT/ALL policy 1
    OR
    выражение from PERMISSIVE SELECT/ALL policy 2
    OR
    ...
)
AND
выражение from RESTRICTIVE UPDATE/ALL policy 1
AND
выражение from RESTRICTIVE UPDATE/ALL policy 2
AND
...
AND
(
    выражение from PERMISSIVE UPDATE/ALL policy 1
    OR
    выражение from PERMISSIVE UPDATE/ALL policy 2
    OR
    ...
)
```

Замечания

Чтобы создать или изменить политики для таблицы, нужно быть её владельцем.

Хотя политики применяются к явно выполняемым запросам к таблицам БД, они не применяются, когда система выполняет внутренние проверки ссылочной целостности или проверяет ограничения. Это означает, что существуют косвенные пути проверить существование заданного значения. Например, можно попытаться вставить повторяющееся значение в столбец, образующий первичный ключ или имеющую ограничение уникальности. Если при этом произойдёт ошибка, пользователь может заключить, что это значение уже существует. (В данном случае предполагается, что политика разрешает пользователю вставлять записи, которые он может не видеть.) Подобный приём также возможен, если пользователь может вставлять записи в таблицу, которая ссылается на другую, иным образом не видимую. Существование значения можно определить, вставив его в подчинённую таблицу, при этом успешный результат операции будет признаком того, что это значение есть в главной таблице. Эти изъяны можно устранить, либо тщательно разработав политики, которые вовсе не позволят пользователям выполнять операции добавления, изменения и удаления, по результатам которых можно узнать о значениях в таблицах, не видимых иным образом, либо используя генерируемые значения (например, суррогатные ключи).

Вообще система будет применять фильтры, устанавливаемые политиками безопасности, до условий в запросах пользователя, чтобы предотвратить нежелательную утечку защищаемых данных через пользовательские функции, которые могут быть недоверенными. Однако функции и операторы, помеченные системой (или системным администратором) как `LEAKPROOF` (герметичные) могут вычисляться до условий политики, так как они считаются доверенными.

Так как выражения политики добавляются непосредственно в запрос пользователя, они выполняются с правами пользователя, запускающего исходный запрос. Таким образом, пользователи, на которых распространяется заданная политика, должны иметь права для обращения ко всем таблицам и функциям, задействованным в выражении, иначе им просто будет отказано в доступе при попытке обращения к целевой таблице (если для неё включена защита на уровне строк). Однако это не влияет на работу представлений — как и с обычными запросами и представлениями, проверки разрешений и политики для нижележащих таблиц представления будут выполняться с пра-

вами владельца представления, и при этом будут действовать политики, распространяющиеся на этого владельца.

Дополнительное описание и практические примеры можно найти в Разделе 5.7.

Совместимость

`CREATE POLICY` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER POLICY`, `DROP POLICY`, `ALTER TABLE`

CREATE PROCEDURE

CREATE PROCEDURE — создать процедуру

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] PROCEDURE
    имя ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ { DEFAULT |
= } выражение_по_умолчанию ] [, ...] ] )
{ LANGUAGE имя_языка
  | TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ]
  | [ EXTERNAL ] SECURITY INVOKER | [ EXTERNAL ] SECURITY DEFINER
  | SET параметр_конфигурации { TO значение | = значение | FROM CURRENT }
  | AS 'определение'
  | AS 'объектный_файл', 'объектный_символ'
} ...
```

Описание

Команда `CREATE PROCEDURE` определяет новую процедуру. `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` создаёт новую процедуру либо заменяет определение уже существующей. Чтобы определить процедуру, необходимо иметь право `USAGE` для соответствующего языка.

Если указано имя схемы, процедура создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Имя новой процедуры должно отличаться от имён существующих процедур и функций с такими же типами аргументов в этой схеме. Однако процедуры и функции с аргументами разных типов могут иметь одно имя (это называется *перегрузкой*).

Команда `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` предназначена для изменения текущего определения существующей процедуры. С её помощью нельзя изменить имя или типы аргументов (если попытаться сделать это, будет создана новая отдельная процедура).

Когда команда `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` заменяет существующую процедуру, владелец и права доступа к этой процедуре не меняются. Все другие свойства процедуры получают значения, задаваемые командой явно или по умолчанию. Чтобы заменить процедуру, необходимо быть её владельцем (или быть членом роли-владельца).

Владельцем процедуры становится создавший её пользователь.

Чтобы создать процедуру, необходимо иметь право `USAGE` для типов её аргументов.

Параметры

имя

Имя создаваемой процедуры (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: `IN`, `INOUT` или `VARIADIC`. По умолчанию подразумевается `IN`. (Режим `OUT` для процедур в настоящее время не поддерживается. Используйте вместо него `INOUT`.)

имя_аргумента

Имя аргумента.

тип_аргумента

Тип данных аргумента процедуры (возможно, дополненный схемой), при наличии аргументов. Тип аргументов может быть базовым, составным или доменным, либо это может быть ссылка на столбец таблицы.

В зависимости от языка реализации также может допускаться указание «псевдотипов», например, `cstring`. Псевдотипы показывают, что фактический тип аргумента либо определён не полностью, либо существует вне множества обычных типов SQL.

Ссылка на тип столбца записывается в виде `имя_таблицы.имя_столбца%TYPE`. Иногда такое указание бывает полезно, так как позволяет создать процедуру, независимую от изменений в определении таблицы.

выражение_по_умолчанию

Выражение, используемое для вычисления значения по умолчанию, если параметр не задан явно. Результат выражения должен сводиться к типу соответствующего параметра. Для всех входных параметров, следующих за параметром с определённым значением по умолчанию, также должны быть определены значения по умолчанию.

имя_языка

Имя языка, на котором реализована функция. Это может быть `sql`, `c`, `internal` либо имя процедурного языка, определённого пользователем, например, `plpgsql`. Стиль написания этого имени в апострофах считается устаревшим и требует точного совпадения регистра.

`TRANSFORM { FOR TYPE имя_типа } [, ... ] }`

Устанавливает список трансформаций, которые должны применяться при вызове процедуры. Трансформации выполняют преобразования между типами SQL и типами данных, специфичными для языков; см. `CREATE TRANSFORM`. Преобразования встроенных типов обычно жёстко предопределены в реализациях процедурных языков, так что их здесь указывать не нужно. Если реализация процедурного языка не может обработать тип и трансформация для него отсутствует, будет выполнено преобразование типов по умолчанию, но это зависит от реализации.

`[EXTERNAL] SECURITY INVOKER`

`[EXTERNAL] SECURITY DEFINER`

Характеристика `SECURITY INVOKER` (безопасность вызывающего) показывает, что процедура будет выполняться с правами пользователя, вызвавшего её. Этот вариант подразумевается по умолчанию. Вариант `SECURITY DEFINER` (безопасность определившего) обозначает, что процедура выполняется с правами пользователя, владеющего ей.

Ключевое слово `EXTERNAL` (внешняя) допускается для соответствия стандарту SQL, но является необязательным, так как, в отличие от SQL, эта характеристика распространяется на все процедуры, а не только внешние.

В процедуре с характеристикой `SECURITY DEFINER` не могут выполняться операторы управления транзакциями (например, `COMMIT` и `ROLLBACK` в некоторых языках).

параметр_конфигурации значение

Предложение `SET` определяет, что при вызове процедуры указанный параметр конфигурации должен принять заданное значение, а затем восстановить своё предыдущее значение при завершении процедуры. Предложение `SET FROM CURRENT` сохраняет в качестве значения, которое будет применено при входе в процедуру, значение, действующее в момент выполнения `CREATE PROCEDURE`.

Если в определение процедуры добавлено `SET`, то действие команды `SET LOCAL`, выполняемой внутри процедуры для того же параметра, ограничивается телом процедуры: предыдущее значение параметра так же будет восстановлено при завершении процедуры. Однако обычная команда `SET` (без `LOCAL`) переопределяет предложение `SET`, как и предыдущую команду `SET LOCAL`: действие такой команды будет сохранено и после завершения процедуры, если только не произойдёт откат транзакции.

Если к определению процедуры добавлено `SET`, то в этой процедуре не могут выполняться операторы управления транзакциями (например, `COMMIT` и `ROLLBACK` в некоторых языках).

За подробными сведениями об именах и значениях параметров обратитесь к SET и Главе 19.

определение

Строковая константа, определяющая реализацию процедуры; её значение зависит от языка. Это может быть имя внутренней процедуры, путь к объектному файлу, команда SQL или код на процедурном языке.

Часто бывает полезно заключать определение процедуры в доллары (см. Подраздел 4.1.2.4), а не в традиционные апострофы. Если не использовать доллары, все апострофы и обратные косые черты в определении процедуры придётся экранировать, дублируя их.

объектный_файл, объектный_символ

Эта форма предложения AS применяется для динамически загружаемых процедур на языке C, когда имя процедуры в коде C не совпадает с именем процедуры в SQL. Строка *объектный_файл* задаёт имя файла, содержащего скомпилированную процедуру на C (данная команда воспринимает эту строку так же, как и LOAD). Строка *объектный_символ* задаёт символ скомпонованной процедуры, то есть имя процедуры в исходном коде на языке C. Если объектный символ не указан, предполагается, что он совпадает с именем определяемой SQL-процедуры.

Если повторные вызовы CREATE PROCEDURE ссылаются на один и тот же объектный файл, он загружается в рамках сеанса только один раз. Чтобы выгрузить и загрузить этот файл снова (например, в процессе разработки), начните новый сеанс.

Замечания

Дополнительные детали создания функций, которые применимы и к процедурам, описываются в CREATE FUNCTION.

Чтобы выполнить процедуру, воспользуйтесь командой CALL.

Примеры

```
CREATE PROCEDURE insert_data(a integer, b integer)
LANGUAGE SQL
AS $$
INSERT INTO tbl VALUES (a);
INSERT INTO tbl VALUES (b);
$$;

CALL insert_data(1, 2);
```

Совместимость

Команда CREATE PROCEDURE определена в стандарте SQL. Её реализация в PostgreSQL близка к стандартизированной, но совместима с ней не полностью. Дополнительные подробности можно найти в описании CREATE FUNCTION.

См. также

ALTER PROCEDURE, DROP PROCEDURE, CALL, CREATE FUNCTION

CREATE PUBLICATION

CREATE PUBLICATION — создать публикацию

Синтаксис

```
CREATE PUBLICATION имя
  [ FOR TABLE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [, ...]
    | FOR ALL TABLES ]
  [ WITH ( параметр_публикации [= значение] [, ... ] ) ]
```

Описание

CREATE PUBLICATION создаёт новую публикацию в текущей базе данных. Имя публикации должно отличаться от имён других существующих публикаций в текущей базе.

Публикация по сути является группой таблиц, изменения в данных которых должны реплицироваться с использованием логической репликации. Подробнее о том, как публикации вписываются в схему логической репликации, рассказывается в Разделе 31.1.

Параметры

имя

Имя новой публикации.

FOR TABLE

Задаёт список таблиц, добавляемых в публикацию. Если перед именем таблицы указано ONLY, в публикацию добавляется только заданная таблица. Без ONLY добавляется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно добавить необязательное указание *, чтобы явно обозначить, что должны включаться и все дочерние таблицы.

В публикацию могут включаться только постоянные базовые таблицы. Временные, нежурналируемые, сторонние и секционированные таблицы, а также материализованные и обычные представления не могут входить в публикацию. Для реплицирования секционированной таблицы в публикацию нужно добавить её отдельные секции.

FOR ALL TABLES

Устанавливает, что данная публикация охватывает изменения во всех таблиц в базе данных, включая таблицы, которые будут созданы позже.

WITH (*параметр_публикации* [= *значение*] [, ...])

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры публикации:

publish (string)

Этот параметр определяет, какие операции DML будет передавать новая публикация её подписчикам. В качестве его значения через запятую задаётся список операций из следующих: insert, update, delete и truncate. По умолчанию публикуются все действия, так что этот параметр имеет значение по умолчанию 'insert, update, delete, truncate'.

Замечания

Если не задано ни FOR TABLE, ни FOR ALL TABLES, публикация создаётся с пустым набором таблиц. Это полезно, если таблицы будут добавляться позднее.

Создание публикации не влечёт немедленный запуск репликации. Эта операция только определяет логику группирования и фильтрации для будущих подписчиков.

Чтобы создать публикацию, пользователь должен иметь право `CREATE` в текущей базе данных. (Разумеется, на суперпользователей это условие не распространяется.)

Чтобы добавить таблицу в публикацию, пользователь должен иметь права владельца этой таблицы. Для использования предложения `FOR ALL TABLES` пользователь должен быть суперпользователем.

Таблицы, добавляемые в публикацию, которая охватывает операции `UPDATE` и/или `DELETE`, должны иметь свойство `REPLICA IDENTITY`. В противном случае отслеживание этих операций для таблиц будет запрещено.

Для команды `INSERT ... ON CONFLICT` публикация будет выдавать операцию, к которой фактически сводится команда. Поэтому в зависимости от исхода команды, она может быть опубликована либо как `INSERT`, либо как `UPDATE`, либо не будет опубликована вовсе.

Команды `COPY ... FROM` публикуются в виде операций `INSERT`.

Операции DDL не публикуются.

Примеры

Создание публикации, охватывающей изменения в двух таблицах:

```
CREATE PUBLICATION mypublication FOR TABLE users, departments;
```

Создание публикации, охватывающей все изменения во всех таблицах:

```
CREATE PUBLICATION alltables FOR ALL TABLES;
```

Создание публикации, охватывающей только операции `INSERT` в одной таблице:

```
CREATE PUBLICATION insert_only FOR TABLE mydata  
    WITH (publish = 'insert');
```

Совместимость

`CREATE PUBLICATION` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER PUBLICATION`, `DROP PUBLICATION`

CREATE ROLE

CREATE ROLE — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE ROLE имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]
```

Здесь *параметр*:

```
SUPERUSER | NOSUPERUSER
| CREATEDB | NOCREATEDB
| CREATEROLE | NOCREATEROLE
| INHERIT | NOINHERIT
| LOGIN | NOLOGIN
| REPLICATION | NOREPLICATION
| BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
| CONNECTION LIMIT предел_подключений
| [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'
| VALID UNTIL 'дата_время'
| IN ROLE имя_роли [, ...]
| IN GROUP имя_роли [, ...]
| ROLE имя_роли [, ...]
| ADMIN имя_роли [, ...]
| USER имя_роли [, ...]
| SYSID uid
```

Описание

CREATE ROLE добавляет новую роль в кластер баз данных PostgreSQL. Роль — это сущность, которая может владеть объектами и иметь определённые права в базе; роль может представлять «пользователя», «группу» или и то, и другое, в зависимости от варианта использования. За информацией об управлении пользователями и проверке подлинности обратитесь к Главе 21 и Главе 20. Чтобы выполнить эту команду, необходимо быть суперпользователем или иметь право CREATEROLE.

Учтите, что роли определяются на уровне кластера баз данных, так что они действуют во всех базах в кластере.

Параметры

имя

Имя создаваемой роли.

SUPERUSER
NOSUPERUSER

Эти предложения определяют, будет ли эта роль «суперпользователем», который может переопределить все ограничения доступа в базе данных. Статус суперпользователя несёт опасность и назначать его следует только в случае необходимости. Создать нового суперпользователя может только суперпользователь. В отсутствие этих предложений по умолчанию подразумевается NOSUPERUSER.

CREATEDB
NOCREATEDB

Эти предложения определяют, сможет ли роль создавать базы данных. Указание CREATEDB даёт новой роли это право, а NOCREATEDB запрещает роли создавать базы данных. По умолчанию подразумевается NOCREATEDB.

CREATEROLE
NOCREATEROLE

Эти предложения определяют, сможет ли роль создавать новые роли (т. е. выполнять CREATE ROLE). Роль с правом CREATEROLE может также изменять и удалять другие роли. По умолчанию подразумевается NOCREATEROLE.

INHERIT
NOINHERIT

Эти предложения определяют, будет ли роль «наследовать» права ролей, членом которых она является. Роль с атрибутом INHERIT может автоматически использовать в базе данных любые права, назначенные всем ролям, в которые она включена, непосредственно или опосредованно. Без INHERIT членство в другой роли позволяет только выполнить SET ROLE и переключиться на эту роль; правами, назначенными другой роли, можно будет пользоваться только после этого. По умолчанию подразумевается INHERIT.

LOGIN
NOLOGIN

Эти предложения определяют, разрешается ли новой роли вход на сервер; то есть, может ли эта роль стать начальным авторизованным именем при подключении клиента. Можно считать, что роль с атрибутом LOGIN соответствует пользователю. Роли без этого атрибута бывают полезны для управления доступом в базе данных, но это не пользователи в обычном понимании. По умолчанию подразумевается вариант NOLOGIN, за исключением вызова CREATE ROLE в виде CREATE USER.

REPLICATION
NOREPLICATION

Эти предложения определяют, будет ли роль ролью репликации. Чтобы роль могла подключаться к серверу в режиме репликации (в режиме физической или логической репликации) и создавать/удалять слоты репликации, у неё должен быть этот атрибут (либо это должна быть роль суперпользователя). Роль, имеющая атрибут REPLICATION, обладает очень большими привилегиями и поэтому этот атрибут должны иметь только роли, фактически используемые для репликации. По умолчанию подразумевается вариант NOREPLICATION.

BYPASSRLS
NOBYPASSRLS

Эти предложения определяют, будут ли для роли игнорироваться все политики защиты на уровне строк (RLS). Значение по умолчанию — NOBYPASSRLS. Заметьте, что pg_dump по умолчанию отключает row_security (устанавливает значение OFF) для уверенности, что выгружено всё содержимое таблицы. Если пользователь, запускающий pg_dump, не будет иметь необходимых прав, он получит ошибку. Суперпользователь и владелец выгружаемой таблицы всегда обходят защиту RLS.

CONNECTION LIMIT *предел_подключений*

Если роли разрешён вход, этот параметр определяет, сколько параллельных подключений может установить роль. Значение -1 (по умолчанию) снимает ограничение. Заметьте, что под это ограничение попадают только обычные подключения. Ни подготовленные транзакции, ни соединения фоновых рабочих процессов в расчёт не берутся.

[ENCRYPTED] PASSWORD *пароль*

Задаёт пароль роли. (Пароль полезен только для ролей с атрибутом LOGIN, но задать его можно и для ролей без такого атрибута.) Если проверка подлинности по паролю не будет использоваться, этот параметр можно опустить. При указании пустого значения будет задан пароль NULL, что не позволит данному пользователю пройти проверку подлинности по паролю. При желании пароль NULL можно установить явно, указав PASSWORD NULL.

Примечание

Если задана пустая строка, пароль также будет сброшен в NULL, но в PostgreSQL до версии 10 было не так. В ранних версиях пустая строка могла приниматься или нет, в зависимости от метода аутентификации и версии сервера, а libpq не давала использовать такой пароль в любом случае. Во избежание неоднозначности указывать пустую строку в качестве пароля не следует.

Пароль всегда хранится в системных каталогах в зашифрованном виде. Ключевое слово `ENCRYPTED` не имеет эффекта, но принимается для обратной совместимости. Метод шифрования определяется параметром конфигурации `password_encryption`. Если представленная строка пароля уже зашифрована с применением MD5 или SCRAM, она сохраняется как есть вне зависимости от значения `password_encryption` (так как система не может расшифровать переданный зашифрованный пароль, чтобы зашифровать его по другому алгоритму). Это позволяет пересохранять зашифрованные пароли при выгрузке/восстановлении.

`VALID UNTIL 'дата_время'`

Предложение `VALID UNTIL` устанавливает дату и время, после которого пароль роли перестаёт действовать. Если это предложение отсутствует, срок действия пароля будет неограниченным.

`IN ROLE имя_роли`

В предложении `IN ROLE` перечисляются одна или несколько существующих ролей, в которые будет немедленно включена новая роль. (Заметьте, что добавить новую роль с правами администратора таким образом нельзя; для этого надо отдельно выполнить команду `GRANT`.)

`IN GROUP имя_роли`

`IN GROUP` — устаревшее написание предложения `IN ROLE`.

`ROLE имя_роли`

В предложении `ROLE` перечисляются одна или несколько существующих ролей, которые автоматически становятся членами создаваемой роли. (По сути таким образом новая роль становится «группой».)

`ADMIN имя_роли`

Предложение `ADMIN` подобно `ROLE`, но перечисленные в нём роли включаются в новую роль с атрибутом `WITH ADMIN OPTION`, что даёт им право включать в эту роль другие роли.

`USER имя_роли`

Предложение `USER` является устаревшим написанием предложения `ROLE`.

`SYSID uid`

Предложение `SYSID` игнорируется, но принимается для обратной совместимости.

Замечания

Для изменения атрибутов роли применяется `ALTER ROLE`, а для удаления роли — `DROP ROLE`. Все атрибуты, заданные в `CREATE ROLE`, могут быть изменены позднее командами `ALTER ROLE`.

Для добавления и удаления членов ролей, используемых в качестве групп, рекомендуется использовать `GRANT` и `REVOKE`.

Предложение `VALID UNTIL` определяет срок действия только пароля, но не роли как таковой. В частности, ограничение срока пароля не действует при входе пользователя без проверки подлинности по паролю.

Атрибут `INHERIT` управляет наследованием назначаемых прав (то есть правами доступа к объектам баз данных и членством в ролях). Его действие не распространяется на специальные атрибуты, устанавливаемые командами `CREATE ROLE` и `ALTER ROLE`. Например, членства в роли с правом `CREATEDB` недостаточно для получения права создавать базы данных, даже если установлен атрибут `INHERIT`; чтобы воспользоваться правом создавать базы данных, необходимо переключиться на эту роль, выполнив `SET ROLE`.

Атрибут `INHERIT` устанавливается по умолчанию в целях обратной совместимости: в предыдущих выпусках PostgreSQL пользователи всегда обладали всеми правами групп, в которые они были включены. Однако `NOINHERIT` по смыслу ближе к тому, что описано в стандарте SQL.

Будьте осторожны с правом `CREATEROLE`. На роли, создаваемые командой `CREATEROLE`, не распространяется концепция наследования. Это значит, что даже если роль не имеет определённого права, но может создавать другие роли, она вполне способна создать другую роль с отличным набором прав (за исключением создания ролей с правами суперпользователя). Например, если роль «user» имеет право `CREATEROLE`, но не `CREATEDB`, она, тем не менее, может создать новую роль с правом `CREATEDB`. Поэтому роль с правом `CREATEROLE` следует воспринимать как роль почти суперпользователя.

PostgreSQL включает программу `createuser`, которая предоставляет ту же функциональность, что и команда `CREATE ROLE` (на самом деле она вызывает эту команду), но может запускаться в командной оболочке.

Ограничение `CONNECTION LIMIT` действует только приблизительно; если одновременно запускаются два сеанса, тогда как для этой роли остаётся только одно «свободное место», может так случиться, что будут отклонены оба подключения. Кроме того, это ограничение не распространяется на суперпользователей.

Указывая в этой команде незашифрованный пароль, следует проявлять осторожность. Пароль будет передаваться на сервер открытым текстом и может также записываться в историю команд клиента или в протокол работы сервера. Команда `createuser`, однако, передаёт пароль зашифрованным. Кроме того, в `psql` есть команда `\password`, с помощью которой можно безопасно сменить пароль позже.

Примеры

Создание роли, для которой разрешён вход, но не задан пароль:

```
CREATE ROLE jonathan LOGIN;
```

Создание роли с паролем:

```
CREATE USER davide WITH PASSWORD 'jw8s0F4';
```

(`CREATE USER` действует так же, как `CREATE ROLE`, но подразумевает ещё и атрибут `LOGIN`.)

Создание роли с паролем, действующим до конца 2004 г., то есть пароль перестаёт действовать в первую же секунду 2005 г.

```
CREATE ROLE miriam WITH LOGIN PASSWORD 'jw8s0F4' VALID UNTIL '2005-01-01';
```

Создание роли, которая может создавать базы данных и управлять ролями:

```
CREATE ROLE admin WITH CREATEDB CREATEROLE;
```

Совместимость

Оператор `CREATE ROLE` описан в стандарте SQL, но стандарт требует поддержки только следующего синтаксиса:

```
CREATE ROLE имя [ WITH ADMIN имя_роли ]
```

Возможность создавать множество начальных администраторов и все другие параметры `CREATE ROLE` относятся к расширениям PostgreSQL.

В стандарте SQL определяются концепции пользователей и ролей, но в нём они рассматриваются как отдельные сущности, а все команды создания пользователей считаются внутренней спецификой СУБД. В PostgreSQL мы решили объединить пользователей и роли в единую сущность, так что роли получили дополнительные атрибуты, не описанные в стандарте.

Поведение, наиболее близкое к описанному в стандарте SQL, можно получить, если создавать пользователей с атрибутом `NOINHERIT`, а роли — с атрибутом `INHERIT`.

См. также

`SET ROLE`, `ALTER ROLE`, `DROP ROLE`, `GRANT`, `REVOKE`, `createuser`

CREATE RULE

CREATE RULE — создать правило перезаписи

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] RULE имя AS ON событие  
    TO имя_таблицы [ WHERE условие ]  
    DO [ ALSO | INSTEAD ] { NOTHING | команда | ( команда ; команда ... ) }
```

Здесь допускается событие:

```
SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE
```

Описание

CREATE RULE создаёт правило, применяемое к указанной таблице или представлению. CREATE OR REPLACE RULE либо создаёт новое правило, либо заменяет существующее с тем же именем для той же таблицы.

Система правил PostgreSQL позволяет определить альтернативное действие, заменяющее операции добавления, изменения или удаления данных в таблицах базы данных. Грубо говоря, правило описывает дополнительные команды, которые будут выполняться при вызове определённой команды для определённой таблицы. Кроме того, правило INSTEAD может заменить заданную команду другой, либо сделать, чтобы она не выполнялась вовсе. Правила также применяются для реализации SQL-запросов. Важно понимать, что правило это фактически механизм преобразования команд (макрос). Заданное преобразование имеет место до начала выполнения команды. Когда требуется выполнить некоторую операцию независимо для каждой физической строки, скорее всего, для этого нужно применять триггер, а не правило. Более подробно о системе правил можно узнать в Главе 41.

В настоящее время правила ON SELECT должны быть безусловными, с характеристикой INSTEAD (вместо исходного), и их действия должны состоять из единственной команды SELECT. Таким образом, правило ON SELECT по сути превращает таблицу в представление, чьим видимым содержимым являются строки, возвращаемые командой SELECT, заданной в правиле, а не данные, хранящиеся в таблице (если они есть). Вообще же для этой цели лучшим стилем считается пользоваться командой CREATE VIEW, а не создавать реальную таблицу и определять затем правило ON SELECT для неё.

С помощью правил можно создать иллюзию изменяемого представления, определив правила ON INSERT, ON UPDATE и ON DELETE (либо только те, которых достаточно для решения поставленной задачи) и заменив операции изменения данных в представлении соответствующими действиями с другими таблицами. Если требуется поддерживать оператор INSERT RETURNING и подобные ему, в каждое из этих правил обязательно нужно поместить подходящее предложение RETURNING.

Использование правил с условиями для сложных изменений представлений связано с одним ограничением: для каждого действия, которое вы хотите разрешить для представления, необходимо определить безусловное правило INSTEAD. Если определено только условное правило, или правило не типа INSTEAD, система отвергнет попытки выполнить изменения, предполагая, что в некоторых случаях изменения могут свестись к операциям с фиктивной нижележащей таблицей. При желании обработать все полезные случаи изменений в условных правилах, добавьте безусловное правило DO INSTEAD NOTHING, чтобы система понимала, что ей никогда не придётся изменять нижележащую таблицу. Затем создайте условные правила без свойства INSTEAD; в тех случаях, когда они будут применяться, их действия будут добавлены к действию по умолчанию INSTEAD NOTHING. (Однако, этот способ в настоящее время не подходит для реализации запросов RETURNING.)

Примечание

Представления, достаточно простые для реализации автоматического обновления (см. CREATE VIEW), могут быть изменяемыми без пользовательских правил. Хотя вы, тем не менее, можете создать явное правило, обычно автоматическое преобразование будет работать лучше такого правила.

Другая, заслуживающая рассмотрения, альтернатива правилам — триггеры INSTEAD OF (см. CREATE TRIGGER).

Параметры

имя

Имя создаваемого правила. Оно должно отличаться от имён любых других правил для той же таблицы. При наличии нескольких правил для одной таблицы и одного типа события они применяются в алфавитном порядке.

событие

Тип события: SELECT, INSERT, UPDATE или DELETE. Заметьте, что команду INSERT с предложением ON CONFLICT нельзя использовать с таблицами, для которых определены правила INSERT или UPDATE. В этом случае подумайте о применении изменяемых представлений.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

условие

Любое выражение условия SQL (возвращающее boolean). Это выражение не может ссылаться на какие-либо таблицы, кроме как на NEW и OLD, и не может содержать агрегатные функции.

INSTEAD

INSTEAD указывает, что заданные команды должны выполняться *вместо* исходной команды.

ALSO

ALSO указывает, что заданные команды должны выполняться *в дополнение* к исходной команде.

Если ни ALSO, ни INSTEAD не указано, по умолчанию подразумевается ALSO.

команда

Команда или команды, составляющие действие правила. Здесь допустимы команды: SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE и NOTIFY.

В параметрах *условие* и *команда* можно использовать имена специальных таблиц NEW и OLD для обращения к значениям в соответствующей таблице. NEW (новая) принимается в правилах ON INSERT и ON UPDATE и обозначает ссылку на новую строку, добавляемую или изменяемую. OLD (старая) принимается в правилах ON UPDATE и ON DELETE и обозначает ссылку на существующую строку, изменяемую или удаляемую.

Замечания

Чтобы создать или изменить правила для таблицы, нужно быть её владельцем.

В правило для INSERT, UPDATE или DELETE для представления можно добавить предложение RETURNING, выдающее столбцы представления. Это предложение будет генерировать результат,

если правило сработает при выполнении команды `INSERT RETURNING`, `UPDATE RETURNING` или `DELETE RETURNING`. Когда правило срабатывает при выполнении команды без `RETURNING`, предложение `RETURNING` этого правила игнорируется. В текущей реализации только безусловные правила `INSTEAD` могут содержать `RETURNING`; более того, допускается максимум одно предложение `RETURNING` среди всех правил для некоторого события. (Благодаря этому ограничению, только одно предложение `RETURNING` может быть выбрано для вычисления результатов.) Запросы с `RETURNING` к данному представлению не будут выполняться, если ни одно из определённых для него правил не содержит предложение `RETURNING`.

Очень важно следить за тем, чтобы правила не зацикливались. Например, два следующих определения правил будут приняты PostgreSQL, но при попытке выполнить команду `SELECT` PostgreSQL сообщит об ошибке из-за рекурсивного расширения правила:

```
CREATE RULE "_RETURN" AS
  ON SELECT TO t1
  DO INSTEAD
    SELECT * FROM t2;
```

```
CREATE RULE "_RETURN" AS
  ON SELECT TO t2
  DO INSTEAD
    SELECT * FROM t1;
```

```
SELECT * FROM t1;
```

В настоящее время, если действие правила содержит команду `NOTIFY`, эта команда будет выполняться безусловно, то есть, `NOTIFY` будет выдаваться, даже если не найдётся никаких строк, к которым бы применялось правило. Например, в следующем примере:

```
CREATE RULE notify_me AS ON UPDATE TO mytable DO ALSO NOTIFY mytable;
```

```
UPDATE mytable SET name = 'foo' WHERE id = 42;
```

одно событие `NOTIFY` будет отправлено при выполнении команды `UPDATE`, даже если никакие строки не соответствуют условию `id = 42`. Это недостаток текущей реализации, который может быть исправлен в будущих версиях.

Совместимость

Оператор `CREATE RULE` является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

`ALTER RULE`, `DROP RULE`

CREATE SCHEMA

CREATE SCHEMA — создать схему

Синтаксис

```
CREATE SCHEMA имя_схемы [ AUTHORIZATION указание_роли ] [ элемент_схемы [ ... ] ]
CREATE SCHEMA AUTHORIZATION указание_роли [ элемент_схемы [ ... ] ]
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS имя_схемы [ AUTHORIZATION указание_роли ]
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS AUTHORIZATION указание_роли
```

Здесь *указание_роли*:

```
имя_пользователя
| CURRENT_USER
| SESSION_USER
```

Описание

CREATE SCHEMA создаёт новую схему в текущей базе данных. Имя схемы должно отличаться от имён других существующих схем в текущей базе данных.

Схема по сути представляет собой пространство имён: она содержит именованные объекты (таблицы, типы данных, функции и операторы), имена которых могут совпадать с именами других объектов, существующих в других схемах. Для обращения к объекту нужно либо «дополнить» его имя именем схемы в виде префикса, либо установить путь поиска, включающий требуемую схему. Команда CREATE, в которой указывается неполное имя объекта, создаёт объект в текущей схеме (схеме, стоящей первой в пути поиска; узнать её позволяет функция `current_schema()`).

Команда CREATE SCHEMA может дополнительно включать подкоманды, создающие объекты в новой схеме. Эти подкоманды по сути воспринимаются как отдельные команды, выполняемые после создания схемы, за исключением того, что с предложением AUTHORIZATION все создаваемые объекты будут принадлежать указанному в нём пользователю.

Параметры

имя_схемы

Имя создаваемой схемы. Если оно опущено, именем схемы будет *имя_пользователя*. Это имя не может начинаться с `pg_`, так как такие имена зарезервированы для системных схем.

имя_пользователя

Имя пользователя (роли), назначаемого владельцем новой схемы. Если опущено, по умолчанию владельцем будет пользователь, выполняющий команды. Чтобы назначить владельцем создаваемой схемы другую роль, необходимо быть непосредственным или опосредованным членом этой роли, либо суперпользователем.

элемент_схемы

Оператор SQL, определяющий объект, создаваемый в новой схеме. В настоящее время CREATE SCHEMA может содержать только подкоманды CREATE TABLE, CREATE VIEW, CREATE INDEX, CREATE SEQUENCE, CREATE TRIGGER и GRANT. Создать объекты других типов можно отдельными командами после создания схемы.

IF NOT EXISTS

Не делать ничего (только выдать замечание), если схема с таким именем уже существует. Когда используется это указание, эта команда не может содержать подкоманды *элемент_схемы*.

Замечания

Чтобы создать схему, пользователь должен иметь право `CREATE` в текущей базе данных. (Разумеется, на суперпользователей это условие не распространяется.)

Примеры

Создание схемы:

```
CREATE SCHEMA myschema;
```

Создание схемы для пользователя `joe`; схема так же получит имя `joe`:

```
CREATE SCHEMA AUTHORIZATION joe;
```

Создание схемы с именем `test`, владельцем которой будет пользователь `joe`, если только схема `test` ещё не существует. (Является ли владельцем существующей схемы пользователь `joe`, значения не имеет.)

```
CREATE SCHEMA IF NOT EXISTS test AUTHORIZATION joe;
```

Создание схемы, в которой сразу создаются таблица и представление:

```
CREATE SCHEMA hollywood
    CREATE TABLE films (title text, release date, awards text[])
    CREATE VIEW winners AS
        SELECT title, release FROM films WHERE awards IS NOT NULL;
```

Заметьте, что отдельные подкоманды не завершаются точкой с запятой.

Следующие команды приводят к тому же результату другим способом:

```
CREATE SCHEMA hollywood;
CREATE TABLE hollywood.films (title text, release date, awards text[]);
CREATE VIEW hollywood.winners AS
    SELECT title, release FROM hollywood.films WHERE awards IS NOT NULL;
```

Совместимость

Стандарт SQL также допускает в команде `CREATE SCHEMA` предложение `DEFAULT CHARACTER SET` и дополнительные типы подкоманд, которые PostgreSQL в настоящее время не принимает.

В стандарте SQL говорится, что подкоманды в `CREATE SCHEMA` могут следовать в любом порядке. Однако текущая реализация в PostgreSQL не воспринимает все возможные варианты ссылок вперёд в подкомандах, поэтому иногда возникает необходимость переупорядочить подкоманды, чтобы исключить такие ссылки.

Согласно стандарту SQL, владелец схемы всегда владеет всеми объектами в ней, но PostgreSQL допускает размещение в схемах объектов, принадлежащих не владельцу схемы. Такая ситуация возможна, только если владелец схемы даст право `CREATE` в этой схеме кому-либо другому, либо объекты в ней будет создавать суперпользователь.

Указание `IF NOT EXISTS` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER SCHEMA`, `DROP SCHEMA`

CREATE SEQUENCE

CREATE SEQUENCE — создать генератор последовательности

Синтаксис

```
CREATE [ TEMPORARY | TEMP ] SEQUENCE [ IF NOT EXISTS ] имя
  [ AS тип_данных ]
  [ INCREMENT [ BY ] шаг ]
  [ MINVALUE мин_значение | NO MINVALUE ] [ MAXVALUE макс_значение | NO MAXVALUE ]
  [ START [ WITH ] начало ] [ CACHE кеш ] [ [ NO ] CYCLE ]
  [ OWNED BY { имя_таблицы.имя_столбца | NONE } ]
```

Описание

CREATE SEQUENCE создаёт генератор последовательности. Эта операция включает создание и инициализацию специальной таблицы *имя*, содержащей одну строку. Владелец генератора будет пользователь, выполняющий эту команду.

Если указано имя схемы, последовательность создаётся в заданной схеме, в противном случае — в текущей. Временные последовательности существуют в специальной схеме, так что при создании таких последовательностей имя схемы задать нельзя. Имя последовательности должно отличаться от имён других последовательностей, таблиц, индексов, представлений или сторонних таблиц, уже существующих в этой схеме.

После создания последовательности работать с ней можно, вызывая функции `nextval`, `currval` и `setval`. Эти функции документированы в Разделе 9.16.

Хотя непосредственно изменить значение последовательности нельзя, получить её параметры и текущее состояние можно таким запросом:

```
SELECT * FROM name;
```

В частности, поле `last_value` последовательности будет содержать последнее значение, выделенное для какого-либо сеанса. (Конечно, ко времени вывода это значение может стать неактуальным, если другие сеансы активно вызывают `nextval`.)

Параметры

TEMPORARY или TEMP

Если указано, объект последовательности создаётся только для данного сеанса и автоматически удаляется при завершении сеанса. Существующая постоянная последовательность с тем же именем не будут видна (в этом сеансе), пока существует временная, однако к ней можно обратиться, дополнив имя указанием схемы.

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с последовательностью, которая могла бы быть создана — это может быть даже не последовательность.

имя

Имя создаваемой последовательности (возможно, дополненное схемой).

тип_данных

Необязательное предложение `AS тип_данных` задаёт тип данных для последовательности. Допустимые типы: `smallint`, `integer` и `bigint`. По умолчанию устанавливается тип `bigint`. От

типа данных зависят принимаемые по умолчанию минимальное и максимальное значения последовательности.

шаг

Необязательное предложение `INCREMENT BY шаг` определяет, какое число будет добавляться к текущему значению последовательности для получения нового значения. С положительным шагом последовательность будет возрастающей, а с отрицательным — убывающей. Значение по умолчанию: 1.

мин_значение

`NO MINVALUE`

Необязательное предложение `MINVALUE мин_значение` определяет наименьшее число, которое будет генерировать последовательность. Если это предложение опущено либо указано `NO MINVALUE`, используется значение по умолчанию: 1 для возрастающей последовательности или минимальное значение типа данных — для убывающей.

макс_значение

`NO MAXVALUE`

Необязательное предложение `MAXVALUE макс_значение` определяет наибольшее число, которое будет генерировать последовательность. Если это предложение опущено либо указано `NO MAXVALUE`, используется значение по умолчанию: максимальное значение типа данных для возрастающей последовательности или -1 — для убывающей.

начало

Необязательное предложение `START WITH начало` позволяет запустить последовательность с любого значения. По умолчанию началом считается *мин_значение* для возрастающих последовательностей и *макс_значение* для убывающих.

кеш

Необязательное предложение `CACHE кеш` определяет, сколько чисел последовательности будет выделяться и сохраняться в памяти для ускорения доступа к ним. Минимальное значение равно 1 (за один раз генерируется только одно значение, т. е. кеширования нет), и оно же предполагается по умолчанию.

`CYCLE`

`NO CYCLE`

Параметр `CYCLE` позволяет зациклить последовательность при достижении *макс_значения* или *мин_значения* для возрастающей или убывающей последовательности, соответственно. Когда этот предел достигается, следующим числом этих последовательностей будет соответственно *мин_значение* или *макс_значение*.

Если указывается `NO CYCLE`, при каждом вызове `nextval` после достижения предельного значения будет возникать ошибка. Если указания `CYCLE` и `NO CYCLE` отсутствуют, по умолчанию предполагается `NO CYCLE`.

`OWNED BY имя_таблицы.имя_столбца`

`OWNED BY NONE`

Предложение `OWNED BY` позволяет связать последовательность с определённым столбцом таблицы так, чтобы при удалении этого столбца (или всей таблицы) последовательность удалялась автоматически. Указанная таблица должна иметь того же владельца и находиться в той же схеме, что и последовательность. Подразумеваемое по умолчанию предложение `OWNED BY NONE` указывает, что такая связь не устанавливается.

Замечания

Для удаления последовательности применяется команда `DROP SEQUENCE`.

Последовательности основаны на арифметике `bigint`, так что их значения не могут выходить за диапазон восьмибайтовых целых (-9223372036854775808 .. 9223372036854775807).

Так как вызовы `nextval` и `setval` никогда не откатываются, объекты последовательностей не подходят, если требуется обеспечить непрерывное назначение номеров последовательностей. Непрерывное назначение можно организовать, используя исключительную блокировку таблицы со счётчиком; однако это решение будет гораздо дороже, чем применение объектов последовательностей, особенно когда последовательные номера будут затребоваться сразу многими транзакциями.

Если значение параметра *кеш* больше единицы, и объект последовательности используется параллельно в нескольких сеансах, результат может оказаться не вполне ожидаемым. Каждый сеанс будет выделять и кэшировать несколько очередных значений последовательности при одном обращении к объекту последовательности и соответственно увеличивать `последнее_значение` этого объекта. Затем при следующих *кеш*-1 вызовах `nextval` в этом сеансе будет просто возвращать заготовленные значения, не касаясь объекта последовательности. В результате, все числа, выделенные, но не использованные в сеансе, будут потеряны при завершении сеанса, что приведёт к образованию «дырок» в последовательности.

Более того, хотя разным сеансам гарантированно выделяются различные значения последовательности, если рассмотреть все сеансы в целом, порядок этих значений может быть нарушен. Например, при значении *кеш*, равном 10, сеанс А может зарезервировать значения 1..10 и получить `nextval=1`, затем сеанс В может зарезервировать значения 11..20 и получить `nextval=11` до того, как в сеансе А сгенерируется `nextval=2`. Таким образом, при значении *кеш*, равном одному, можно быть уверенными в том, что `nextval` генерирует последовательные значения; но если *кеш* больше одного, рассчитывать можно только на то, что все значения `nextval` различны; их порядок может быть непоследовательным. Кроме того, `last_value` возвращает последнее зарезервированное значение для всех сеансов, вне зависимости от того, было ли оно уже возвращено функцией `nextval`.

Также следует учитывать, что действие функции `setval`, выполненной для такой последовательности, проявится в других сеансах только после того, как в них будут использованы все предварительно закэшированные значения.

Примеры

Создание возрастающей последовательности с именем `serial`, с начальным значением 101:

```
CREATE SEQUENCE serial START 101;
```

Получение следующего номера этой последовательности:

```
SELECT nextval('serial');
```

```
nextval
-----
101
```

Получение следующего номера этой последовательности:

```
SELECT nextval('serial');
```

```
nextval
-----
102
```

Использование этой последовательности в команде `INSERT`:

```
INSERT INTO distributors VALUES (nextval('serial'), 'nothing');
```

Изменение значения последовательности после `COPY FROM`:

```
BEGIN;
COPY distributors FROM 'input_file';
```

```
SELECT setval('serial', max(id)) FROM distributors;  
END;
```

Совместимость

Команда `CREATE SEQUENCE` соответствует стандарту SQL, со следующими исключениями:

- Для получения следующего значения применяется функция `nextval()`, а не выражение `NEXT VALUE FOR`, как того требует стандарт.
- Предложение `OWNED BY` является расширением PostgreSQL.

См. также

`ALTER SEQUENCE`, `DROP SEQUENCE`

CREATE SERVER

CREATE SERVER — создать сторонний сервер

Синтаксис

```
CREATE SERVER [ IF NOT EXISTS ] имя_сервера [ TYPE 'тип_сервера' ] [ VERSION 'версия_сервера' ]  
    FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных  
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ... ] ) ]
```

Описание

CREATE SERVER создаёт сторонний сервер. Владелец сервера становится создавший его пользователь.

Определение стороннего сервера обычно включает информацию о подключении, которую использует обёртка сторонних данных для доступа к внешнему ресурсу. Определяя сопоставления пользователей, можно установить и другие параметры подключения, связанные с пользователями.

Имя сервера должно быть уникальным в базе данных.

Для создания сервера требуется право USAGE для обёртки сторонних данных.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если сервер с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующий сервер как-то соотносится с тем, который мог бы быть создан.

имя_сервера

Имя создаваемого стороннего сервера.

тип_сервера

Необязательный тип сервера, может быть полезен для обёрток сторонних данных.

версия_сервера

Необязательная версия сервера, может быть полезна для обёрток сторонних данных.

имя_обёртки_сторонних_данных

Имя обёртки сторонних данных, управляющей сервером.

OPTIONS (*параметр* '*значение*' [, ...])

Это предложение определяет параметры сервера. Эти параметры обычно задают свойства подключения к серверу; их конкретные имена и значения зависят от обёртки сторонних данных.

Замечания

При использовании модуля dblink имя стороннего сервера может служить аргументом функции dblink_connect, определяющим параметры подключения. Для такого варианта использования необходимо иметь право USAGE для стороннего сервера.

Примеры

Создание сервера myserver, доступного через обёртку postgres_fdw:

```
CREATE SERVER myserver FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw OPTIONS (host 'foo', dbname 'foodb', port '5432');
```

За подробностями обратитесь к postgres_fdw.

Совместимость

CREATE SERVER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED).

См. также

ALTER SERVER, DROP SERVER, CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE FOREIGN TABLE, CREATE USER MAPPING

CREATE STATISTICS

CREATE STATISTICS — создать расширенную статистику

Синтаксис

```
CREATE STATISTICS [ IF NOT EXISTS ] имя_статистики
  [ ( вид_статистики [, ... ] ) ]
  ON имя_столбца, имя_столбца [, ...]
  FROM имя_таблицы
```

Описание

Команда CREATE STATISTICS создаст новый объект расширенной статистики, отслеживающий данные определённой таблицы, сторонней таблицы или материализованного представления. Объект статистики будет создан в текущей базе данных, и его владельцем станет пользователь, выполняющий команду.

Если задано имя схемы (например, CREATE STATISTICS myschema.mystat ...), объект статистики создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Имя объекта статистики должно отличаться от имён других объектов статистики в этой схеме.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если объект статистики с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что при этом проверяется только имя объекта, а не характеристики его определения.

имя_статистики

Имя создаваемого объекта статистики (возможно, дополненное схемой).

вид_статистики

Вид статистики, которая будет вычисляться в этом объекте. В настоящее время поддерживается статистика ndistinct, подсчёт числа различных значений, и dependencies, определение функциональных зависимостей. Если это предложение опущено, в объект статистики включаются все поддерживаемые виды статистики. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 14.2.2 и Разделу 70.2.

имя_столбца

Имя столбца таблицы, который будет покрываться вычисляемой статистикой. Необходимо указать имена минимум двух столбцов.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, содержащей столбцы, по которым создаётся статистика.

Замечания

Чтобы создать объект статистики, читающий таблицу, необходимо быть владельцем этой таблицы. После создания объекта статистики его владелец может определяться независимо от нижележащей таблицы.

Примеры

В данном примере создаётся таблица t1 с двумя функционально зависимыми столбцами; то есть знания значения одного столбца достаточно, чтобы определить значение другого. Затем для этих столбцов строится статистика функциональной зависимости:

```
CREATE TABLE t1 (  
    a    int,  
    b    int  
);  
  
INSERT INTO t1 SELECT i/100, i/500  
    FROM generate_series(1,1000000) s(i);  
  
ANALYZE t1;  
  
-- число совпадающих строк будет катастрофически недооценено:  
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t1 WHERE (a = 1) AND (b = 0);  
  
CREATE STATISTICS s1 (dependencies) ON a, b FROM t1;  
  
ANALYZE t1;  
  
-- теперь оценка числа строк стала точнее:  
EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM t1 WHERE (a = 1) AND (b = 0);
```

Без статистики функциональной зависимости планировщик предположил бы, что два условия `WHERE` независимы друг от друга, и перемножил бы их оценки избирательности, что дало бы слишком заниженную оценку числа строк. Однако с созданной статистикой планировщик понимает, что условия `WHERE` избыточны и не ошибается с этой оценкой.

Совместимость

Команда `CREATE STATISTICS` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER STATISTICS`, `DROP STATISTICS`

CREATE SUBSCRIPTION

CREATE SUBSCRIPTION — создать подписку

Синтаксис

```
CREATE SUBSCRIPTION имя_подписки
  CONNECTION 'строка_подключения'
  PUBLICATION имя_публикации [, ...]
  [ WITH ( параметр_подписки [= значение] [, ... ] ) ]
```

Описание

CREATE SUBSCRIPTION создаёт подписку для текущей базы данных. Имя подписки должно отличаться от имён других существующих подписок в текущей базе.

Подписка представляет собой реплицирующее подключение к публикующему серверу. Поэтому данная команда не только добавляет определения подписки в локальные каталоги, но также создаёт слот репликации на удалённом сервере.

В момент фиксации транзакции, в рамках которой выполняется эта команда, будет запущен рабочий процесс логической репликации.

Дополнительные сведения о подписках и логической репликации в целом можно найти в Разделе 31.2 и Главе 31.

Параметры

имя_подписки

Имя новой подписки.

CONNECTION '*строка_подключения*'

Строка подключения к публикующему серверу. Подробности описаны в Подразделе 34.1.1.

PUBLICATION *имя_публикации*

Имена публикаций на публикующем сервере, на которые оформляется подписка.

WITH (*параметр_подписки* [= *значение*] [, ...])

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры подписки:

copy_data (boolean)

Определяет, должны ли копироваться существующие данные в публикациях, на которые оформляется подписка, сразу после начала репликации. Значение по умолчанию — true.

create_slot (boolean)

Определяет, должна ли команда создавать слот репликации на публикующем сервере. Значение по умолчанию — true.

enabled (boolean)

Определяет, активировать ли репликацию в подписке, или её нужно только настроить, но не запускать сразу. Значение по умолчанию — true.

slot_name (string)

Имя слота репликации, которое должно использоваться. По умолчанию в качестве имени слота используется имя подписки.

Когда в качестве `slot_name` задаётся `NONE`, с подпиской не будет связан слот репликации. Это может быть полезно, если слот репликации позднее будет создаваться вручную. У таких подписок также должны быть равны `false` свойства `enabled` и `create_slot`.

`synchronous_commit` (enum)

Значение этого параметра переопределяет свойство `synchronous_commit`. По умолчанию — `off`.

Значение `off` безопасно для логической репликации: если подписчик потеряет транзакции из-за нарушения синхронизации, данные будут повторно переданы с публикующего сервера.

При выполнении синхронной логической репликации может быть уместно другое значение. Рабочие процессы логической репликации передают позиции записанных и сохранённых на диске данных публикующему серверу, так что при синхронной репликации он будет ждать завершения сохранения. Это значит, что значение `off` параметра `synchronous_commit` на подписчике может увеличить задержку при выполнении `COMMIT` на сервере публикации. При таком сценарии может быть выгоднее задать для `synchronous_commit` значение `local` или выше.

`connect` (boolean)

Определяет, нужно ли при выполнении `CREATE SUBSCRIPTION` подключаться к публикующему серверу. Если равняется `false`, значениями по умолчанию параметров `enabled`, `create_slot` и `copy_data` тоже будет `false`.

Значение `false` параметра `connect` несовместимо со значением `true` параметров `enabled`, `create_slot` и `copy_data`.

Так как со значением `false` соединение не устанавливается, подписка на таблицы не оформляется, так что после включения подписки ничего не будет реплицироваться. Чтобы таблицы вошли в подписку, потребуется позже выполнить `ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION`.

Замечания

Подробнее о том, как организовать управление доступом подписчиков к публикующему серверу, рассказывается в Разделе 31.7.

При создании слота репликации (поведение по умолчанию) `CREATE SUBSCRIPTION` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Создание подписки с подключением к тому же кластеру баз данных (например, для организации репликации между базами данных в одном кластере или в одной базе данных) будет успешным, только если слот репликации не создаётся той же командой. В противном случае команда `CREATE SUBSCRIPTION` зависнет. Чтобы оформить такую подписку, слот репликации нужно создать отдельно (воспользовавшись функцией `pg_create_logical_replication_slot` и передав ей имя модуля `pgoutput`) и создать подписку с параметром `create_slot = false`. Это ограничение реализации, которое может быть устранено в будущем выпуске.

Примеры

Создание подписки на репликации `mypublication` и `insert_only` на удалённом сервере с немедленным запуском репликации при фиксировании транзакции:

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub
    CONNECTION 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo dbname=foodb'
    PUBLICATION mypublication, insert_only;
```

Создание подписки на публикацию `insert_only` на удалённом сервере с отключением репликации для запуска в будущем.

```
CREATE SUBSCRIPTION mysub
    CONNECTION 'host=192.168.1.50 port=5432 user=foo dbname=foodb'
    PUBLICATION insert_only
    WITH (enabled = false);
```

Совместимость

CREATE SUBSCRIPTION является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER SUBSCRIPTION, DROP SUBSCRIPTION, CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

CREATE TABLE

CREATE TABLE — создать таблицу

Синтаксис

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
EXISTS ] имя_таблицы ( [
    { имя_столбца тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [ ограничение_столбца
[ ... ] ]
    | ограничение_таблицы
    | LIKE исходная_таблица [ вариант_копирования ... ] }
[ , ... ]
] )
[ INHERITS ( таблица_родитель [ , ... ] ) ]
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
[ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [ , ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [ , ... ] ) | WITH OIDS | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]
```

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
EXISTS ] имя_таблицы
    OF имя_типа [ (
    { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
[ , ... ]
) ]
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
[ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [ , ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [ , ... ] ) | WITH OIDS | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]
```

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
EXISTS ] имя_таблицы
    PARTITION OF таблица_родитель [ (
    { имя_столбца [ WITH OPTIONS ] [ ограничение_столбца [ ... ] ]
    | ограничение_таблицы }
[ , ... ]
) ] { FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
[ PARTITION BY { RANGE | LIST | HASH } ( { имя_столбца | ( выражение ) }
[ COLLATE правило_сортировки ] [ класс_операторов ] [ , ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [ , ... ] ) | WITH OIDS | WITHOUT OIDS ]
[ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
[ TABLESPACE табл_пространство ]
```

Здесь *ограничение_столбца*:

```
[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ NOT NULL |
NULL |
CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
DEFAULT выражение_по_умолчанию |
GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [ ( параметры_последовательности ) ] |
UNIQUE параметры_индекса |
```

```
PRIMARY KEY параметры_индекса |
REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец ) ] [ MATCH FULL | MATCH PARTIAL |
MATCH SIMPLE ]
[ ON DELETE действие ] [ ON UPDATE действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и ограничение_таблицы:

[ CONSTRAINT имя_ограничения ]
{ CHECK ( выражение ) [ NO INHERIT ] |
  UNIQUE ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  PRIMARY KEY ( имя_столбца [, ... ] ) параметры_индекса |
  EXCLUDE [ USING метод_индекса ] ( элемент_исключения WITH оператор
[, ... ] ) параметры_индекса [ WHERE ( предикат ) ] |
  FOREIGN KEY ( имя_столбца [, ... ] ) REFERENCES целевая_таблица [ ( целевой_столбец
[, ... ] ) ]
[ MATCH FULL | MATCH PARTIAL | MATCH SIMPLE ] [ ON DELETE действие ] [ ON
UPDATE действие ] }
[ DEFERRABLE | NOT DEFERRABLE ] [ INITIALLY DEFERRED | INITIALLY IMMEDIATE ]

и вариант_копирования:

{ INCLUDING | EXCLUDING } { COMMENTS | CONSTRAINTS | DEFAULTS | IDENTITY | INDEXES |
STATISTICS | STORAGE | ALL }

и указание_границ_секции:

IN ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | NULL } [, ...] ) |
FROM ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
MAXVALUE } [, ...] )
TO ( { числовая_константа | строковая_константа | TRUE | FALSE | MINVALUE |
MAXVALUE } [, ...] ) |
WITH ( MODULUS числовая_константа, REMAINDER числовая_константа )

параметры_индекса в ограничениях UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE:

[ INCLUDE ( имя_столбца [, ... ] ) ]
[ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) ]
[ USING INDEX TABLESPACE табл_пространство ]

элемент_исключения в ограничении EXCLUDE:

{ имя_столбца | ( выражение ) } [ класс_операторов ] [ ASC | DESC ] [ NULLS { FIRST |
LAST } ]
```

Описание

CREATE TABLE создаёт новую, изначально пустую таблицу в текущей базе данных. Владелец таблицы будет пользователь, выполнивший эту команду.

Если задано имя схемы (например, CREATE TABLE myschema.mytable ...), таблица создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Временные таблицы существуют в специальной схеме, так что при создании таких таблиц имя схемы задать нельзя. Имя таблицы должно отличаться от имён других таблиц, последовательностей, индексов, представлений или сторонних таблиц в этой схеме.

CREATE TABLE также автоматически создаёт составной тип данных, соответствующий одной строке таблицы. Таким образом, имя таблицы не может совпадать с именем существующего типа в этой же схеме.

Необязательные предложения ограничений задают ограничения (проверки), которым должны удовлетворять добавляемые или изменяемые строки, чтобы операция добавления или изменения была выполнена успешно. Ограничение представляет собой SQL-объект, помогающий некоторым способом определить множество допустимых значений в таблице.

Определить ограничения можно двумя способами: в виде ограничений таблицы и в виде ограничений столбца. Ограничение столбца определяется как часть определения столбца, а ограничение таблицы не привязывается к конкретному столбцу и может задействовать несколько столбцов. Любые ограничения столбцов можно также записать в виде ограничения таблицы, они введены просто для удобства записи в случаях, когда ограничение затрагивает только один столбец.

Чтобы создать таблицу, необходимо иметь право `USAGE` для типов всех столбцов или типа в предложении `OF`, соответственно.

Параметры

`TEMPORARY` или `TEMP`

С таким указанием таблица создаётся как временная. Временные таблицы автоматически удаляются в конце сеанса или могут удаляться в конце текущей транзакции (см. описание `ON COMMIT` ниже). Существующая постоянная таблица с тем же именем не будет видна в текущем сеансе, пока существует временная, однако к ней можно обратиться, дополнив имя указанием схемы. Все индексы, создаваемые для временной таблицы, так же автоматически становятся временными.

Демон автоочистки не может прочитать и, как следствие, сжимать и анализировать временные таблицы. По этой причине соответствующие операции очистки и анализа следует выполнять, вызывая SQL-команды в рамках сеанса. Например, если временную таблицу планируется использовать в сложных запросах, будет разумным выполнить для неё `ANALYZE` после того, как она будет наполнена.

По желанию можно добавить указание `GLOBAL` или `LOCAL` перед `TEMPORARY` или `TEMP`. В настоящее время это не имеет значения для PostgreSQL и считается устаревшей возможностью; см. Раздел «Совместимость».

`UNLOGGED`

С этим указанием таблица создаётся как нежурналируемая. Данные, записываемые в нежурналируемые таблицы, не проходят через журнал предзаписи (см. Главу 30), в результате чего такие таблицы работают гораздо быстрее обычных. Однако, они не защищены от сбоя; при сбое или аварийном отключении сервера нежурналируемая таблица автоматически усекается. Кроме того, содержимое нежурналируемой таблицы не реплицируется на ведомые серверы. Любые индексы, создаваемые для нежурналируемой таблицы, автоматически становятся нежурналируемыми.

`IF NOT EXISTS`

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее отношение как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

`OF имя_типа`

Создаёт *типизированную таблицу*, структура которой определяется указанным составным типом (его имя может быть дополнено схемой). Типизированная таблица привязана к породившему её типу; например, при удалении типа (командой `DROP TYPE ... CASCADE`) будет удалена и эта таблица.

Когда создаётся типизированная таблица, типы данных её столбцов определяются нижележащим составным типом, а не задаются командой `CREATE TABLE`. Но `CREATE TABLE` может добавить в таблицу значения по умолчанию и ограничения, а также задать параметры её хранения.

имя_столбца

Имя столбца, создаваемого в новой таблице.

тип_данных

Тип данных столбца (может включать определение массива с этим типом). За дополнительными сведениями о типах данных, которые поддерживает PostgreSQL, обратитесь к Главе 8.

`COLLATE` *правило_сортировки*

Предложение `COLLATE` назначает правило сортировки для столбца (который должен иметь тип, поддерживающий сортировку). Если оно отсутствует, используется правило сортировки по умолчанию, установленное для типа данных столбца.

`INHERITS` (*таблица_родитель* [, ...])

Необязательное предложение `INHERITS` определяет список таблиц, от которых новая таблица будет автоматически наследовать все столбцы. Родительские таблицы могут быть обычными или сторонними таблицами.

При использовании `INHERITS` создаётся постоянная связь дочерней таблицы с родительскими. Изменения схемы в родительских таблицах обычно также отражаются в дочерних, и по умолчанию при чтении родительских таблиц в результат включаются данные дочерней таблицы.

Когда в нескольких родительских таблицах оказываются столбцы с одним именем, происходит ошибка, за исключением случая, когда типы данных всех этих столбцов в таблицах совпадают. В этом случае одноимённые столбцы объединяются и формируют один столбец в новой таблице. Если имя столбца новой таблицы совпадает с именем одного из унаследованных столбцов, их типы так же должны совпадать, и в этом случае определения столбцов тоже сливаются в одну. Если в новой таблице явно указывается значение по умолчанию для нового столбца, это значение переопределяет любые значения по умолчанию, унаследованные этим столбцом. В противном случае, если значения по умолчанию определяются в разных родительских таблицах, эти определения должны совпадать, иначе произойдёт ошибка.

Ограничения `CHECK` объединяются вместе по сути так же, как и столбцы: если несколько родительских таблиц и/или определение новой таблицы содержат одноимённые ограничения `CHECK`, этим ограничениям должны соответствовать одинаковые выражения проверки, в противном случае произойдёт ошибка. В случае совпадения выражения, эти ограничения с данным выражением объединяются в одно. При этом ограничения со свойством `NO INHERIT` в родительской таблице исключаются из рассмотрения. Заметьте, что безымянное ограничение `CHECK` в новой таблице никогда не сливается с другими, так как для него всегда выбирается уникальное имя.

Параметры `STORAGE` для столбца так же копируются из родительских таблиц.

Если столбец в родительской таблице является столбцом идентификации, это свойство не наследуется. Если требуется, в дочерней таблице этот столбец можно объявить столбцом идентификации.

`PARTITION BY` { `RANGE` | `LIST` | `HASH` } ({ *имя_столбца* | (*выражение*) } [*класс_операторов*] [, ...])

Необязательное предложение `PARTITION BY` задаёт стратегию секционирования таблицы. Таблица, созданная с этим указанием, называется *секционируемой* таблицей. Задаваемый в скобках список столбцов или выражений формирует *ключ разбиения* таблицы. Для разбиения по диапазонам или по хешу ключ разбиения может включать несколько столбцов или выражений (до 32, но этот предел можно изменить при сборке PostgreSQL), но для разбиения по спискам ключ должен состоять из одного столбца или выражения.

Для секционирования по диапазонам и по спискам нужен класс операторов В-дерева, тогда как для секционирования по хешу требуется класс операторов хеширования. Если класс операторов не задан явно, будет применён класс операторов по умолчанию для соответствующего типа; в случае отсутствия такого класса выдаётся ошибка. Для секционирования по хешу применяемый класс операторов должен реализовывать опорную функцию 2 (см. Подраздел 38.15.3).

Секционируемая таблица разделяется на подтаблицы (называемые секциями), которые создаются отдельными командами `CREATE TABLE`. Сама по себе секционируемая таблица не содержит данных. Строка данных, вставляемая в эту таблицу, перенаправляется в секцию в зависимости от значений столбцов или выражений в ключе разбиения. Если значениям в новой строке не соответствует ни одна из существующих секций, возникает ошибка.

Секционируемые таблицы не поддерживают ограничения `EXCLUDE`; однако вы можете определить такие ограничения в отдельных секциях. Кроме того, в настоящее время не поддерживается создание внешних ключей, ссылающихся на секционированные таблицы, хотя в секционированных таблицах можно создать ограничения `PRIMARY KEY`.

Узнать больше о секционировании таблиц можно в Разделе 5.10.

```
PARTITION OF таблица_родитель { FOR VALUES указание_границ_секции | DEFAULT }
```

Создаёт таблицу в виде *секции* указанной родительской таблицы. Таблицу можно создать либо как секцию для определённых значений (используя `FOR VALUES`), либо как секцию по умолчанию (используя `DEFAULT`). Это указание неприемлемо для таблиц, секционируемых по хешу.

Здесь *указание_границ_секции* должно соответствовать методу и ключу секционирования родительской таблицы и не должно конфликтовать с другой существующей секцией того же родителя. Вариант указания с `IN` используется для секционирования по спискам, тогда как вариант с `FROM` и `TO` для секционирования по диапазонам, а с `WITH` — для секционирования по хешу.

В качестве значений, задаваемых в *указании_границ_секции*, принимается буквальное значение, `NULL` и `MINVALUE` или `MAXVALUE`. Буквальным значением должна быть либо числовая константа, приводимая к типу соответствующего столбца ключа разбиения, либо строковая константа, представляющая допустимое входное значение для этого типа.

При создании секции с разбиением по спискам возможно указать, что столбец ключа разбиения может содержать `NULL`, включив в список секции `NULL`. Однако у отдельно взятой родительской таблицы может быть не больше одной такой секции. Для диапазонных секций `NULL` задать нельзя.

При создании диапазонной секции нижняя граница, задаваемая во `FROM`, включается в диапазон, а верхняя граница, задаваемая в `TO` — исключается. То есть, значения, задаваемые в списке `FROM`, являются допустимыми значениями соответствующих столбцов ключа разбиения для этой секции, а значения в списке `TO` — нет. Заметьте, что это утверждение должно восприниматься с учётом правил сравнения строк таблицы (см. Подраздел 9.23.5). Например, с разбиением `PARTITION BY RANGE (x,y)`, секция с границами `FROM (1, 2) TO (3, 4)` примет `x=1` с любым значением `y>=2`, `x=2` с любым `y`, отличным от `NULL`, и `x=3` с любым `y<4`.

Специальные значения `MINVALUE` и `MAXVALUE` могут использоваться при создании диапазонной секции для указания, что нижняя или верхняя граница для значений столбца отсутствует. Например, секция, определённая с указанием `FROM (MINVALUE) TO (10)`, будет принимать любые значения меньше 10, а секция, определённая с указанием `FROM (10) TO (MAXVALUE)`, — любые значения, которые больше или равны 10.

При создании диапазонной секции с более чем одним столбцом может также иметь смысл использовать `MAXVALUE` в определении нижней границы, а `MINVALUE` — верхней. Например, секция, определённая с указанием `FROM (0, MAXVALUE) TO (10, MAXVALUE)`, будет принимать любые строки, в которых первый столбец ключа разбиения больше 0 и меньше или равен 10. Подобным образом, секция, определённая с указанием `FROM ('a', MINVALUE) TO ('b', MINVALUE)`, будет принимать строки, в которых первый столбец ключа разбиения начинается с "a".

Заметьте, что если для одного столбца в границе секции задаётся MINVALUE или MAXVALUE, то же значение должно применяться и для всех последующих столбцов. Например, граница (10, MINVALUE, 0) будет некорректной; допустимая граница: (10, MINVALUE, MINVALUE).

Также заметьте, что для некоторых типов элементов, таких как timestamp, наряду с другими значениями допускается значение "infinity" (бесконечность). Оно отличается от вариантов MINVALUE и MAXVALUE, которые на самом деле не обозначают значения, которые можно сохранить, а просто говорят о том, это значение не ограничено. MAXVALUE можно воспринимать как значение, которое больше любого другого, включая "бесконечность", а MINVALUE меньше любого другого значения, включая "минус бесконечность". Таким образом, диапазон FROM ('infinity') TO (MAXVALUE) не будет пустым, а будет принимать ровно одно значение — "infinity".

С указанием DEFAULT таблица присоединяется к родительской таблице как секция по умолчанию. Родительской таблицей может быть таблица, разбиваемая по спискам или диапазонам. Ключ разбиения, не попадающий ни в одну другую секцию данного родителя, будет отправлен в секцию по умолчанию. У отдельно взятой родительской таблицы может быть только одна секция по умолчанию.

Когда у таблицы есть секция по умолчанию (DEFAULT) и к ней добавляется новая секция, требуется просканировать существующую секцию по умолчанию и убедиться в том, что она не содержит строки, которые должны относиться к новой секции. Если она содержит большое количество строк, это сканирование может быть длительным. Сканирование не будет выполняться, если секция по умолчанию является сторонней таблицей или в ней есть ограничение, гарантирующее отсутствие в этой секции строк, подлежащих перемещению в новую секцию.

При создании секции с разбиением по хешу должен задаваться модуль и остаток. Модулем должно быть положительное число, а остатком неотрицательное число, меньшее модуля. Обычно при начальной настройке таблицы с секционированием по хешу нужно выбрать модуль, равный количеству секций, и назначить каждой секции этот модуль и разные остатки (см. примеры ниже). Однако секциям можно назначить и разные модули, с условием, что модули, назначенные секциям таблицы, разбиваемой по хешу, являются делителями следующих больших модулей. Это позволяет постепенно увеличивать число секций, не производя полное перемещение всех данных. Например, предположим, что у вас есть таблица, разбиваемая по хешу на 8 секций, для каждой из которых назначен модуль 8, и возникла необходимость увеличить число секций до 16. Вы можете отсоединить одну из секций по модулю 8, создать две новые секции по модулю 16, покрывающих ту же часть пространства ключа (одну с остатком, равным остатку отсоединённой секции, а вторую с остатком, равным тому же остатку плюс 8), и вновь наполнить их данными. Затем вы можете повторять эту операцию (возможно, позже) для следующих секций по модулю 8, пока таковых не останется. Хотя и при таком подходе может потребоваться перемещать большие объёмы данных на каждом этапе, это всё же лучше, чем создавать абсолютно новую таблицу и перемещать все данные сразу.

В секции должны содержаться столбцы с теми же именами и типами, что и в секционированной таблице, к которой она относится. Если родитель имеет характеристику WITH OIDS, все секции должны иметь OID; родительский столбец OID будет наследоваться всеми секциями, как и любой другой столбец. Изменение имён или типов столбцов в секционируемой таблице, или добавление или удаление столбца OID будет автоматически распространяться во все секции. Ограничения CHECK будут наследоваться автоматически всеми секциями, но для отдельных секций могут быть заданы дополнительные ограничения CHECK; дополнительные ограничения с теми же именами и условиями, как в родительской таблице, будут объединены с родительским ограничением. Также независимо для каждой секции могут быть заданы значения по умолчанию.

Строки, добавляемые в секционированную таблицу, будут автоматически перенаправляться в соответствующую секцию. Если подходящей секции не найдётся, произойдёт ошибка.

Такие операции, как TRUNCATE, обычно затрагивают и саму таблицу, и каскадно распространяются на все дочерние секции, но могут также выполняться в отдельных секциях. Заметь-

те, что для удаления секции с помощью `DROP TABLE` требуется установить блокировку `ACCESS EXCLUSIVE` в родительской таблице.

`LIKE` *исходная_таблица* [*вариант_копирования ...*]

Предложение `LIKE` определяет таблицу, из которой в новую таблицу будут автоматически скопированы все имена столбцов, их типы данных и их ограничения на `NULL`.

В отличие от `INHERITS`, новая и исходная таблица становятся полностью независимыми после завершения создания. Изменения в исходной таблице не отражаются в новой, а данные новой таблицы не включаются в результат чтения исходной.

Выражения значений по умолчанию в определениях копируемых столбцов переносятся в новую таблицу, только если дополнительно указано `INCLUDING DEFAULTS`. Без этого указания выражения по умолчанию не копируются, вследствие чего в новой таблице скопированные столбцы получают значения по умолчанию `NULL`. Заметьте, что при копировании выражений по умолчанию, которые вызывают функции, модифицирующие БД, как например `nextval`, может образовываться функциональная связь исходной таблицы с новой.

Характеристика идентификации в определении скопированного столбца будет копироваться, только если в команде есть указание `INCLUDING IDENTITY`. Для каждого столбца идентификации в новой таблице создаётся новая последовательность, независимая от последовательностей, связанных со старой таблицей.

Ограничения `NULL` копируются в новую таблицу всегда, а ограничения `CHECK` копируются только при явном указании `INCLUDING CONSTRAINTS`. Это в равной мере касается ограничений как таблиц, так и столбцов.

Расширенная статистика копируется в новую таблицу, если указано `INCLUDING STATISTICS`.

Индексы, свойство `PRIMARY KEY`, а также ограничения `UNIQUE` и `EXCLUDE` копируются из исходной таблицы в новую, только если явно указано `INCLUDING INDEXES`. Имена для новых индексов и ограничений выбираются согласно стандартным правилам, независимо от того, как назывались исходные. (Это позволяет избежать ошибок с дублированием имён с новыми индексами.)

Параметры `STORAGE` будут перенесены в определение копируемых столбцов, только если явно указывается `INCLUDING STORAGE`. По умолчанию параметры `STORAGE` исключаются, вследствие чего скопированные столбцы в новой таблице получают параметры по умолчанию, определённые соответствующим типом. Подробнее параметры `STORAGE` описаны в Разделе 68.2.

Комментарии для скопированных столбцов, ограничений и индексов будут копироваться, только если явно указано `INCLUDING COMMENTS`. По умолчанию комментарии исключаются, вследствие чего скопированные столбцы и ограничения в новой таблице оказываются без комментариев.

`INCLUDING ALL` представляет собой краткую форму предложения `INCLUDING COMMENTS INCLUDING CONSTRAINTS INCLUDING DEFAULTS INCLUDING IDENTITY INCLUDING INDEXES INCLUDING STATISTICS INCLUDING STORAGE`.

Заметьте, что в отличие от `INHERITS`, столбцы и ограничения, копируемые командой `LIKE`, не объединяются с одноимёнными столбцами и ограничениями. Если дублирующееся имя указывается явно или возникает в другом предложении `LIKE`, происходит ошибка.

Предложение `LIKE` может также применяться для копирования определений столбцов из представлений, сторонних таблиц и составных типов. Неприменимые параметры (например, `INCLUDING INDEXES` для представления) при этом игнорируются.

`CONSTRAINT` *имя_ограничения*

Необязательное имя столбца или ограничения таблицы. При нарушении ограничения его имя будет выводиться в сообщении об ошибках, так что имена ограничений вида `столбец должен`

быть положительным могут сообщить полезную информацию об ограничении клиентскому приложению. (Имена ограничений, включающие пробелы, необходимо заключать в двойные кавычки.) Если имя ограничения не указано, система генерирует имя автоматически.

NOT NULL

Данный столбец не принимает значения NULL.

NULL

Данный столбец может содержать значения NULL (по умолчанию).

Это предложение предназначено только для совместимости с нестандартными базами данных SQL. Использовать его в новых приложениях не рекомендуется.

CHECK (*выражение*) [NO INHERIT]

В ограничении CHECK задаётся выражение, возвращающее булевский результат, по которому определяется, будет ли успешна операция добавления или изменения для конкретных строк. Операция выполняется успешно, если результат выражения равен TRUE или UNKNOWN. Если же для какой-нибудь строки, задействованной в операции добавления или изменения, будет получен результат FALSE, возникает ошибка, и эта операция не меняет ничего в базе данных. Ограничение-проверка, заданное как ограничение столбца, должно ссылаться только на значение самого столбца, тогда как ограничение на уровне таблицы может ссылаться и на несколько столбцов.

В настоящее время выражения CHECK не могут содержать подзапросы или ссылаться на переменные, кроме как на столбцы текущей строки. Также допустима ссылка на системный столбец tableoid, но не на другие системные столбцы.

Ограничение с пометкой NO INHERIT не будет наследоваться дочерними таблицами.

Когда для таблицы задано несколько ограничений CHECK, они будут проверяться для каждой строки в алфавитном порядке имён после проверки ограничений NOT NULL. (До версии 9.5 в PostgreSQL не было установлено никакого определённого порядка обработки ограничений CHECK.)

DEFAULT *выражение_по_умолчанию*

Предложение DEFAULT задаёт значение по умолчанию для столбца, в определении которого оно присутствует. Значение задаётся выражением без переменных (подзапросы и перекрёстные ссылки на другие столбцы текущей таблицы в нём не допускаются). Тип данных выражения, задающего значение по умолчанию, должен соответствовать типу данных столбца.

Это выражение будет использоваться во всех операциях добавления данных, в которых не задаётся значение данного столбца. Если значение по умолчанию не определено, таким значением будет NULL.

GENERATED { ALWAYS | BY DEFAULT } AS IDENTITY [(*параметры_последовательности*)]

С этим предложением столбец создаётся как *столбец идентификации*. С ним будет связана неявная последовательность, из которой этот столбец будет автоматически получать значения в новых строках.

Предложения ALWAYS и BY DEFAULT определяют, какой приоритет имеет заданное пользователем значение этого столбца в команде INSERT. С предложением ALWAYS пользовательское значение используется, только если в операторе INSERT указано OVERRIDING SYSTEM VALUE. С предложением BY DEFAULT пользовательскому значению отдаётся предпочтение. За подробностями обратитесь к INSERT. (В команде COPY всегда используются пользовательские значения, вне зависимости от значения этого параметра.)

Используя необязательное предложение *параметры_последовательности*, можно переопределить свойства последовательности. За подробностями обратитесь к CREATE SEQUENCE.

UNIQUE (ограничение столбца)

UNIQUE (*имя_столбца* [, ...]) [INCLUDE (*имя_столбца* [, ...])] (ограничение таблицы)

Ограничение UNIQUE определяет, что группа из одного или нескольких столбцов таблицы может содержать только уникальные значения. Ограничение уникальности для таблицы ведёт себя точно так же, как ограничение для столбца, но может охватывать несколько столбцов.

При проверке ограничения уникальности значения NULL не считаются равными.

В каждом ограничении уникальности для таблицы должен задаваться набор столбцов, отличный от набора любого другого ограничения уникальности или первичного ключа в данной таблице. (Иначе это будет одно и то же ограничение, определённое многократно.)

При установлении ограничения уникальности в многоуровневой иерархии секционирования в определение ограничения должны включаться все столбцы ключа разбиения целевой секционированной таблицы, а также столбцы всех подчинённых секционированных таблиц.

При добавлении ограничения уникальности автоматически будет создан уникальный индекс-В-дерево по столбцу или группе столбцов, перечисленных в ограничении. Необязательное предложение INCLUDE добавляет к этому индексу один или несколько столбцов, для которых уникальность не будет требоваться. Заметьте, что хотя ограничение по включаемым столбцам не контролируется, оно всё же зависит от них. Как следствие, некоторые операции с этими столбцами (например, DROP COLUMN) могут повлечь каскадное удаление индекса и ограничения.

PRIMARY KEY (ограничение столбца)

PRIMARY KEY (*имя_столбца* [, ...]) [INCLUDE (*имя_столбца* [, ...])] (ограничение таблицы)

Ограничение PRIMARY KEY определяет, что столбец или столбцы таблицы могут содержать только уникальные (без повторений) значения, отличные от NULL. Для таблицы может быть задан только один первичный ключ, будь то ограничение столбца или ограничение таблицы.

В определении первичного ключа должен задаваться набор столбцов, отличный от набора любого другого ограничения уникальности, установленного для данной таблицы. (В противном случае уникальное ограничение оказывается избыточным и будет отброшено.)

PRIMARY KEY устанавливает для данных те же ограничения, что и сочетание UNIQUE и NOT NULL, но образование первичного ключа из набора столбцов также добавляет метаданные о конструкции схемы, так как первичный ключ подразумевает, что другие таблицы могут ссылаться на этот набор столбцов, как на уникальный идентификатор строк.

Ограничения PRIMARY KEY для секционированных таблиц подчиняются тем же требованиям, что и ограничения UNIQUE.

При добавлении ограничения первичного ключа (PRIMARY KEY) автоматически будет создан уникальный индекс-В-дерево по столбцу или группе столбцов, перечисленных в ограничении. Необязательное предложение INCLUDE позволяет задать список столбцов, которые будут включены в неключевую часть индекса. Хотя уникальность по включаемым столбцам не контролируется, ограничение всё же зависит от них. Как следствие, некоторые операции с этими столбцами (например, DROP COLUMN) могут повлечь каскадное удаление индекса и ограничения.

EXCLUDE [USING *метод_индекса*] (*элемент_исключения* WITH оператор [, ...]) параметры_индекса [WHERE (*предикат*)]

Предложение EXCLUDE определяет ограничение-исключение, которое гарантирует, что для любых двух строк, сравниваемых по указанным столбцам или выражениям с указанными операторами, результат не будет равен TRUE для всех сравнений. Если все указанные операторы проверяют равенство, это ограничение равносильно ограничению UNIQUE, хотя обычное ограничение уникальности будет работать быстрее. С другой стороны, в ограничениях-исключениях можно задавать более общие условия, чем простое условие на равенство. Например, можно задать ограничение, требующее, чтобы никакие две строки в таблице не содержали пересекающихся кругов (см. Раздел 8.8), применив оператор &&.

Ограничения-исключения реализуются с помощью индексов, так что каждый указанный в них оператор должен быть связан с соответствующим классом операторов (см. Раздел 11.9) для *метода_индекса*. Кроме того, операторы должны быть коммутативными. В каждом *элементе_исключения* можно дополнительно указать класс оператора и/или параметры сортировки, подробно описанные в CREATE INDEX.

Метод индекса должен поддерживать *amgettuple* (см. Главу 61); в настоящее время это означает, что метод GIN здесь применять нельзя. Хотя в ограничении-исключении можно использовать B-деревья и хеш-индексы, в этом мало смысла, так как такой подход ничем не лучше обычного ограничения уникальности. Так что на практике методом индекса всегда будет GiST или SP-GiST.

Параметр *предикат* позволяет указать ограничение-исключение для подмножества таблицы; внутри при этом создаётся частичный индекс. Заметьте, что предикат необходимо заключить в скобки.

```
REFERENCES внешняя_таблица [ ( внешний_столбец ) ] [ MATCH тип_совпадения ] [ ON DELETE действие ] [ ON UPDATE действие ] (ограничение столбца)
FOREIGN KEY ( имя_столбца [, ... ] ) REFERENCES внешняя_таблица [ ( внешний_столбец [, ... ] ) ] [ MATCH тип_совпадения ] [ ON DELETE действие ] [ ON UPDATE действие ]
(ограничение таблицы)
```

Эти предложения определяют ограничение внешнего ключа, требующее, чтобы группа из одного или нескольких столбцов новой таблицы содержала только такие значения, которым соответствуют значения в заданных столбцах некоторой строки во внешней таблице. Если список *целевых_столбцов* опущен, в качестве него используется первичный ключ *целевой_таблицы*. В качестве целевых столбцов должны указываться столбцы неоткладываемого уникального ограничения или первичного ключа во внешней таблице. При этом пользователь должен иметь право REFERENCES во внешней таблице (либо для всей таблицы, либо только для целевых столбцов). Для добавления ограничения внешнего ключа требуется блокировка SHARE ROW EXCLUSIVE в целевой таблице. Заметьте, что нельзя определить ограничения внешнего ключа, связывающие временные и постоянные таблицы. Также заметьте, что нельзя определить внешний ключ, который будет ссылаться на секционированную таблицу, хотя определить внешний ключ в секционированной таблице можно.

Значения, вставляемые в ссылающиеся столбцы, сверяются со значениями во внешних столбцах внешней таблицы с учётом заданного типа совпадения. Возможны три типа совпадения: MATCH FULL (полное совпадение), MATCH PARTIAL (частичное совпадение) и тип по умолчанию, MATCH SIMPLE (простое совпадение). С MATCH FULL ни один из столбцов составного внешнего ключа не может содержать NULL, кроме случая, когда все внешние столбцы NULL; в этом случае, строка может не иметь соответствия во внешней таблице. С MATCH SIMPLE любой из столбцов внешнего ключа может содержать NULL; при этом строка с NULL в одном из таких столбцов может не иметь соответствия во внешней таблице. Тип MATCH PARTIAL ещё не реализован. (Разумеется, чтобы вопросы со сравнением NULL не возникали, к столбцам, ссылающимся на внешние, можно применить ограничения NOT NULL.)

Кроме того, при изменении значений во внешних столбцах с данными в столбцах этой таблицы могут производиться определённые действия. Предложение ON DELETE задаёт действие, производимое при удалении некоторой строки во внешней таблице. Предложение ON UPDATE подобным образом задаёт действие, производимое при изменении значения в целевых столбцах внешней таблицы. Если строка изменена, но это изменение не затронуло целевые столбцы, никакое действие не производится. Ссылочные действия, кроме NO ACTION, нельзя сделать откладываемыми, даже если ограничение объявлено как откладываемое. Для каждого предложения возможные следующие варианты действий:

NO ACTION

Выдать ошибку, показывающую, что при удалении или изменении записи произойдёт нарушение ограничения внешнего ключа. Для отложенных ограничений ошибка произойдёт в

момент проверки ограничения, если строки, ссылающиеся на эту запись, по-прежнему будут существовать. Этот вариант действия подразумевается по умолчанию.

RESTRICT

Выдать ошибку, показывающую, что при удалении или изменении записи произойдёт нарушение ограничения внешнего ключа. Этот вариант подобен `NO ACTION`, но эта проверка будет неоткладываемой.

CASCADE

Удалить все строки, ссылающиеся на удаляемую запись, либо поменять значения в ссылающихся столбцах на новые значения во внешних столбцах, в соответствии с операцией.

SET NULL

Установить ссылающиеся столбцы равными `NULL`.

SET DEFAULT

Установить в ссылающихся столбцах значения по умолчанию. (Если эти значения не равны `NULL`, во внешней таблице должна быть строка, соответствующая набору значений по умолчанию; в противном случае операция завершится ошибкой.)

Если внешние столбцы меняются часто, будет разумным добавить индекс для ссылающихся столбцов, чтобы действия по обеспечению ссылочной целостности, связанные с ограничением внешнего ключа, выполнялись более эффективно.

DEFERRABLE**NOT DEFERRABLE**

Это предложение определяет, может ли ограничение быть отложенным. Неоткладываемое ограничение будет проверяться немедленно после каждой команды. Проверка откладываемых ограничений может быть отложена до завершения транзакции (обычно с помощью команды `SET CONSTRAINTS`). По умолчанию подразумевается вариант `NOT DEFERRABLE`. В настоящее время это предложение принимают только ограничения `UNIQUE`, `PRIMARY KEY`, `EXCLUDE` и `REFERENCES` (внешний ключ). Ограничения `NOT NULL` и `CHECK` не могут быть отложенными. Обратите внимание, что откладываемые ограничения не могут применяться в качестве решающих при конфликте в операторе `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`.

INITIALLY IMMEDIATE**INITIALLY DEFERRED**

Для откладываемых ограничений это предложение определяет, когда ограничение должно проверяться по умолчанию. Ограничение с характеристикой `INITIALLY IMMEDIATE` (подразумеваемой по умолчанию) проверяется после каждого оператора. Ограничение `INITIALLY DEFERRED`, напротив, проверяется только в конце транзакции. Время проверки ограничения можно изменить явно с помощью команды `SET CONSTRAINTS`.

WITH (*параметр_хранения* [= *значение*] [, ...])

Это предложение определяет необязательные параметры хранения для таблицы или индекса (за подробными сведениями о них обратитесь к Подразделу «Параметры хранения»). Предложение `WITH` для таблицы может также включать указание `oids=true` (или просто `oids`), устанавливающее, что каждая строка таблицы должна иметь собственный `OID` (Object Identifier, идентификатор объекта), или указание `oids=false`, устанавливающее, что строки не содержат `OID`. Если указание `oids` отсутствует, значение этого свойства по умолчанию зависит от конфигурационного параметра `default_with_oids`. (Если новая таблица унаследована от каких-либо таблиц, имеющих `OID`, свойство `oids=true` задаётся принудительно, даже если в команде явно написано `oids=false`.)

Если явно указано `oids=false` или это подразумевается, в новой таблице не будут храниться значения `OID` и новый `OID` не будет генерироваться для каждой добавляемой в неё строки. Для

обычных таблиц такое поведение предпочтительнее, так как оно сокращает потребление OID и тем самым откладывает заикливание 32-битного счётчика OID. Как только происходит заикливание, значения OID больше нельзя считать уникальными, что делает их значительно менее полезными. К тому же, исключение столбца OID из таблицы сокращает объём, необходимый для хранения таблицы на диске, на 4 байта для каждой строки (на большинстве платформ), что несколько улучшает производительность.

Для удаления данных OID из таблицы после её создания воспользуйтесь командой ALTER TABLE.

WITH OIDS
WITHOUT OIDS

Это устаревшее написание указаний WITH (OIDS) и WITH (OIDS=FALSE), соответственно. Если требуется определить одновременно свойство OIDS и параметры хранения, необходимо использовать синтаксис WITH (...); см. ниже.

ON COMMIT

Поведением временных таблиц в конце блока транзакции позволяет управлять предложение ON COMMIT, которое принимает три параметра:

PRESERVE ROWS

Никакое специальное действие в конце транзакции не выполняется. Это поведение по умолчанию.

DELETE ROWS

Все строки в этой временной таблице будут удаляться в конце каждого блока транзакции. По сути, при каждой фиксации транзакции будет автоматически выполняться TRUNCATE.

DROP

Эта временная таблица будет удаляться в конце текущего блока транзакции.

TABLESPACE табл_пространство

Здесь табл_пространство — имя табличного пространства, в котором будет создаваться новая таблица. Если оно не указано, выбирается default_tablespace или temp_tablespaces, если таблица временная.

USING INDEX TABLESPACE табл_пространство

Это предложение позволяет выбрать табличное пространство, в котором будут создаваться индексы, связанные с ограничениями UNIQUE, PRIMARY KEY или EXCLUDE. Если оно не указано, выбирается default_tablespace или temp_tablespaces, если таблица временная.

Параметры хранения

Предложение WITH позволяет установить *параметры хранения* для таблиц и индексов, связанных с ограничениями UNIQUE, PRIMARY KEY и EXCLUDE. Параметры хранения для индексов документированы в CREATE INDEX. Поддерживаемые в настоящее время параметры хранения для таблиц перечислены ниже. Как показано, для многих параметров существует дополнительный параметр с тем же именем и префиксом toast., который управляет поведением вторичной таблицы TOAST, если она есть (за дополнительными сведениями о TOAST обратитесь к Разделу 68.2). Если значение некоторого параметра задано для таблицы, а значение равнозначного параметра toast. не определено, для таблицы TOAST будет применяться значение параметра основной таблицы. Возможность задания этих параметров для секционированных таблиц не поддерживается, но вы можете задать их для отдельных конечных секций.

fillfactor (integer)

Фактор заполнения для таблицы, задаваемый в процентах, от 10 до 100. Значение по умолчанию — 100 (плотное заполнение). При меньшем факторе заполнения операции INSERT упако-

вывают данные в страницы только до заданного процента; оставшееся место резервируется для изменения строк на этой странице. В результате `UPDATE` получает шанс поместить изменённую копию строки в ту же страницу, что и исходную, что гораздо эффективнее, чем размещать её на другой странице. Для таблиц, записи в которых никогда не меняются, лучшим выбором будет плотное заполнение, но для активно изменяемых таблиц лучше выбрать меньший фактор заполнения. Этот параметр нельзя задать для таблиц `TOAST`.

`toast_tuple_target (integer)`

Параметр `toast_tuple_target` задаёт минимальную длину кортежа, после превышения которой мы будем пытаться переносить значения больших столбцов в таблицы `TOAST` и до которой мы будем пытаться сократить размер кортежа после перехода к `TOAST`. Это затрагивает только столбцы с пометкой `External` (внешние) или `Extended` (расширенные) и касается только новых кортежей — на существующие это не влияет. По умолчанию этот параметр имеет значение, позволяющее разместить минимум 4 кортежа в блоке, что при стандартном размере блока составляет 2040 байт. Допустимые значения лежат в интервале от 128 байт до (размер_блока - заголовок), по умолчанию 8160 байт. Изменение этого значения может не отражаться на очень коротких и очень длинных кортежах. Заметьте, что выбранное по умолчанию значение часто близко к оптимальному, и весьма вероятно, что изменение этого параметра в некоторых случаях будет иметь отрицательный эффект. Для таблиц `TOAST` этот параметр задать нельзя.

`parallel_workers (integer)`

Данный параметр задаёт число рабочих процессов, которые должны задействоваться при параллельном сканировании таблицы. Если это значение не задано, система будет определять его, исходя из размера отношения. Фактическое число рабочих процессов, выбранное планировщиком или служебными операторами, выполняющими параллельное сканирование, может быть меньше, например, вследствие ограничения `max_worker_processes`.

`autovacuum_enabled, toast.autovacuum_enabled (boolean)`

Включает или отключает демон автоочистки для определённой таблицы. Со значением `true` демон автоочистки будет автоматически выполнять операции `VACUUM` и/или `ANALYZE` в этой таблице, согласно правилам, описанным в Подразделе 24.1.6. Со значением `false` эта таблица не будет подвергаться автоочистке, если только это не потребуется для предотвращения заикливания идентификаторов транзакций. Более подробно предотвращение заикливания описывается в Подразделе 24.1.5. Заметьте, что демон автоочистки не будет запускаться вовсе (если только это не потребуется для предотвращения заикливания), если параметр `autovacuum` имеет значение `false`; это нельзя переопределить, установив параметры хранения для отдельных таблиц. Таким образом, явно устанавливать для этого параметра значение `true` практически не имеет смысла — полезно только значение `false`.

`autovacuum_vacuum_threshold, toast.autovacuum_vacuum_threshold (integer)`

Значение параметра `autovacuum_vacuum_threshold` для таблицы.

`autovacuum_vacuum_scale_factor, toast.autovacuum_vacuum_scale_factor (float4)`

Значение параметра `autovacuum_vacuum_scale_factor` для таблицы.

`autovacuum_analyze_threshold (integer)`

Значение параметра `autovacuum_analyze_threshold` для таблицы.

`autovacuum_analyze_scale_factor (float4)`

Значение параметра `autovacuum_analyze_scale_factor` для таблицы.

`autovacuum_vacuum_cost_delay, toast.autovacuum_vacuum_cost_delay (integer)`

Значение параметра `autovacuum_vacuum_cost_delay` для таблицы.

`autovacuum_vacuum_cost_limit, toast.autovacuum_vacuum_cost_limit (integer)`

Значение параметра `autovacuum_vacuum_cost_limit` для таблицы.

`autovacuum_freeze_min_age, toast.autovacuum_freeze_min_age (integer)`

Значение параметра `vacuum_freeze_min_age` для таблицы. Учтите, что система будет игнорировать установленные для таблиц значения `autovacuum_freeze_min_age`, превышающие половину системного `autovacuum_freeze_max_age`.

`autovacuum_freeze_max_age, toast.autovacuum_freeze_max_age (integer)`

Значение параметра `autovacuum_freeze_max_age` для таблицы. Учтите, что система будет игнорировать установленные для таблиц значения `autovacuum_freeze_max_age`, превышающие значение системного параметра (они могут быть только меньше).

`autovacuum_freeze_table_age, toast.autovacuum_freeze_table_age (integer)`

Значение параметра `vacuum_freeze_table_age` для таблицы.

`autovacuum_multixact_freeze_min_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_min_age (integer)`

Значение параметра `vacuum_multixact_freeze_min_age` для таблицы. Учтите, что демон автоочистки будет игнорировать установленные для таблиц значения `autovacuum_multixact_freeze_min_age`, превышающие половину значения системного параметра `autovacuum_multixact_freeze_max_age`.

`autovacuum_multixact_freeze_max_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_max_age (integer)`

Значение параметра `autovacuum_multixact_freeze_max_age` для таблицы. Учтите, что система автоочистки будет игнорировать установленные для таблиц параметры `autovacuum_multixact_freeze_max_age`, превышающие системный параметр (они могут быть только меньше).

`autovacuum_multixact_freeze_table_age, toast.autovacuum_multixact_freeze_table_age (integer)`

Значения параметра `vacuum_multixact_freeze_table_age` для таблицы.

`log_autovacuum_min_duration, toast.log_autovacuum_min_duration (integer)`

Значения параметра `log_autovacuum_min_duration` для таблицы.

`user_catalog_table (boolean)`

Объявляет таблицу как дополнительную таблицу каталога, например для целей логической репликации. За подробностями обратитесь к Подразделу 49.6.2. Для таблиц TOAST этот параметр задать нельзя.

Замечания

Применять OID в новых приложениях не рекомендуется: по возможности лучше использовать в качестве первичного ключа таблицы столбец идентификации или другой генератор последовательности. Однако, если в вашем приложении для идентификации строк применяется OID, рекомендуется создать уникальное ограничение по столбцу `oid` в этой таблице, чтобы значения OID в этой таблице на самом деле однозначно идентифицировали строки даже после заикливания счётчика. Также не стоит полагать, что значения OID уникальны в разных таблицах; если вам требуется идентификатор, уникальный в базе данных, воспользуйтесь для этого комбинацией `tableoid` и OID строки.

Подсказка

Применять `oids=false` не рекомендуется для таблиц без первичного ключа, так как без OID или уникального ключа данных сложно идентифицировать определённые строки.

PostgreSQL автоматически создаёт индекс, гарантирующий уникальность, для каждого ограничения уникальности и ограничения первичного ключа. Поэтому явно создавать индекс для столбцов первичного ключа не требуется. (За дополнительными сведениями обратитесь к CREATE INDEX.)

Ограничения уникальности и первичные ключи в текущей реализации не наследуются. Вследствие этого ограничения уникальности довольно плохо сочетаются с наследованием.

В таблице не может быть больше 1600 столбцов. (На практике фактический предел обычно ниже из-за ограничения на длину записи.)

Примеры

Создание таблицы `films` и таблицы `distributors`:

```
CREATE TABLE films (  
    code          char(5) CONSTRAINT firstkey PRIMARY KEY,  
    title         varchar(40) NOT NULL,  
    did           integer NOT NULL,  
    date_prod     date,  
    kind          varchar(10),  
    len           interval hour to minute  
);  
  
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer PRIMARY KEY GENERATED BY DEFAULT AS IDENTITY,  
    name          varchar(40) NOT NULL CHECK (name <> '')  
);
```

Создание таблицы с двумерным массивом:

```
CREATE TABLE array_int (  
    vector        int[][]  
);
```

Определение ограничения уникальности для таблицы `films`. Ограничения уникальности могут быть определены для одного или нескольких столбцов таблицы:

```
CREATE TABLE films (  
    code          char(5),  
    title         varchar(40),  
    did           integer,  
    date_prod     date,  
    kind          varchar(10),  
    len           interval hour to minute,  
    CONSTRAINT production UNIQUE(date_prod)  
);
```

Определение ограничения-проверки для столбца:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer CHECK (did > 100),  
    name          varchar(40)  
);
```

Определение ограничения-проверки для таблицы:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer,  
    name          varchar(40),  
    CONSTRAINT con1 CHECK (did > 100 AND name <> '')  
);
```

Определение ограничения первичного ключа для таблицы `films`:

```
CREATE TABLE films (  
    code          char(5),  
    title         varchar(40),  
    did           integer,  
    date_prod     date,  
    kind          varchar(10),  
    len           interval hour to minute,  
    CONSTRAINT code_title PRIMARY KEY(code,title)  
);
```

Определение ограничения первичного ключа для таблицы `distributors`. Следующие два примера равнозначны, но в первом используется синтаксис ограничений для таблицы, а во втором — для столбца:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer,  
    name          varchar(40),  
    PRIMARY KEY(did)  
);  
  
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer PRIMARY KEY,  
    name          varchar(40)  
);
```

Определение значений по умолчанию: для столбца `name` значением по умолчанию будет строка, для столбца `did` — следующее значение объекта последовательности, а для `modtime` — время, когда была вставлена запись:

```
CREATE TABLE distributors (  
    name          varchar(40) DEFAULT 'Luso Films',  
    did           integer DEFAULT nextval('distributors_serial'),  
    modtime       timestamp DEFAULT current_timestamp  
);
```

Определение двух ограничений `NOT NULL` для столбцов таблицы `distributors`, при этом одному ограничению даётся явное имя:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer CONSTRAINT no_null NOT NULL,  
    name          varchar(40) NOT NULL  
);
```

Определение ограничения уникальности для столбца `name`:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer,  
    name          varchar(40) UNIQUE  
);
```

То же самое условие, но в виде ограничения таблицы:

```
CREATE TABLE distributors (  
    did           integer,  
    name          varchar(40),  
    UNIQUE(name)  
);
```

Создание такой же таблицы с фактором заполнения 70% для таблицы и её уникального индекса:

```
CREATE TABLE distributors (  

```

```
    did      integer,  
    name     varchar(40),  
    UNIQUE(name) WITH (fillfactor=70)  
)  
WITH (fillfactor=70);
```

Создание таблицы circles с ограничением-исключением, не допускающим пересечения двух кругов:

```
CREATE TABLE circles (  
    c circle,  
    EXCLUDE USING gist (c WITH &&)  
);
```

Создание таблицы cinemas в табличном пространстве diskvol1:

```
CREATE TABLE cinemas (  
    id serial,  
    name text,  
    location text  
) TABLESPACE diskvol1;
```

Создание составного типа и типизированной таблицы:

```
CREATE TYPE employee_type AS (name text, salary numeric);  
  
CREATE TABLE employees OF employee_type (  
    PRIMARY KEY (name),  
    salary WITH OPTIONS DEFAULT 1000  
);
```

Создание таблицы, секционируемой по диапазонам:

```
CREATE TABLE measurement (  
    logdate      date not null,  
    peaktemp     int,  
    unitsales    int  
) PARTITION BY RANGE (logdate);
```

Создание таблицы, секционируемой по диапазонам, с ключом разбиения, включающим несколько столбцов:

```
CREATE TABLE measurement_year_month (  
    logdate      date not null,  
    peaktemp     int,  
    unitsales    int  
) PARTITION BY RANGE (EXTRACT(YEAR FROM logdate), EXTRACT(MONTH FROM logdate));
```

Создание таблицы, секционируемой по спискам:

```
CREATE TABLE cities (  
    city_id      bigserial not null,  
    name         text not null,  
    population    bigint  
) PARTITION BY LIST (left(lower(name), 1));
```

Создание таблицы, секционируемой по хешу:

```
CREATE TABLE orders (  
    order_id     bigint not null,  
    cust_id      bigint not null,  
    status       text  
) PARTITION BY HASH (order_id);
```

Создание секции таблицы, секционируемой по диапазонам:

```
CREATE TABLE measurement_y2016m07
  PARTITION OF measurement (
    unitsales DEFAULT 0
  ) FOR VALUES FROM ('2016-07-01') TO ('2016-08-01');
```

Создание нескольких секций для таблицы, секционируемой по диапазонам, с ключом разбиения, включающим несколько столбцов:

```
CREATE TABLE measurement_ym_older
  PARTITION OF measurement_year_month
  FOR VALUES FROM (MINVALUE, MINVALUE) TO (2016, 11);
```

```
CREATE TABLE measurement_ym_y2016m11
  PARTITION OF measurement_year_month
  FOR VALUES FROM (2016, 11) TO (2016, 12);
```

```
CREATE TABLE measurement_ym_y2016m12
  PARTITION OF measurement_year_month
  FOR VALUES FROM (2016, 12) TO (2017, 01);
```

```
CREATE TABLE measurement_ym_y2017m01
  PARTITION OF measurement_year_month
  FOR VALUES FROM (2017, 01) TO (2017, 02);
```

Создание секции таблицы, секционируемой по спискам:

```
CREATE TABLE cities_ab
  PARTITION OF cities (
    CONSTRAINT city_id_nonzero CHECK (city_id != 0)
  ) FOR VALUES IN ('a', 'b');
```

Создание секции таблицы, секционируемой по спискам (при этом сама секция также создаётся секционируемой), и добавление секции в неё:

```
CREATE TABLE cities_ab
  PARTITION OF cities (
    CONSTRAINT city_id_nonzero CHECK (city_id != 0)
  ) FOR VALUES IN ('a', 'b') PARTITION BY RANGE (population);
```

```
CREATE TABLE cities_ab_10000_to_100000
  PARTITION OF cities_ab FOR VALUES FROM (10000) TO (100000);
```

Создание секций таблицы, секционируемой по хешу:

```
CREATE TABLE orders_p1 PARTITION OF orders
  FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 0);
CREATE TABLE orders_p2 PARTITION OF orders
  FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 1);
CREATE TABLE orders_p3 PARTITION OF orders
  FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 2);
CREATE TABLE orders_p4 PARTITION OF orders
  FOR VALUES WITH (MODULUS 4, REMAINDER 3);
```

Создание секции по умолчанию:

```
CREATE TABLE cities_partdef
  PARTITION OF cities DEFAULT;
```

Совместимость

Команда CREATE TABLE соответствует стандарту SQL, с описанными ниже исключениями.

Временные таблицы

Хотя синтаксис `CREATE TEMPORARY TABLE` подобен аналогичному в стандарте SQL, результат получается другим. В стандарте временные таблицы определяются только один раз и существуют (изначально пустые) в каждом сеансе, в котором они используются. PostgreSQL вместо этого требует, чтобы каждый сеанс выполнял собственную команду `CREATE TEMPORARY TABLE` для каждой временной таблицы, которая будет использоваться. Это позволяет использовать в разных сеансах таблицы с одинаковыми именами для разных целей, тогда как при подходе, регламентированном стандартом, все экземпляры временной таблицы с одним именем должны иметь одинаковую табличную структуру.

Поведение временных таблиц, описанное в стандарте, в большинстве своём игнорируют и другие СУБД, так что в этом отношении PostgreSQL ведёт себя так же, как и ряд других СУБД.

В стандарте SQL также разделяются глобальные и локальные временные таблицы — в локальной временной таблице содержится отдельный набор данных для каждого модуля SQL в отдельном сеансе, хотя её определение так же разделяется между ними. Так как в PostgreSQL модули SQL не поддерживаются, это различие в PostgreSQL не существует.

Совместимости ради, PostgreSQL принимает ключевые слова `GLOBAL` и `LOCAL` в объявлении временной таблицы, но в настоящее время они никак не действуют. Использовать их не рекомендуется, так как в будущих версиях PostgreSQL может быть принята их интерпретация, более близкая к стандарту.

Предложение `ON COMMIT` для временных таблиц тоже подобно описанному в стандарте SQL, но есть некоторые отличия. Если предложение `ON COMMIT` опущено, в SQL подразумевается поведение `ON COMMIT DELETE ROWS`. Однако в PostgreSQL по умолчанию действует `ON COMMIT PRESERVE ROWS`. Параметр `ON COMMIT DROP` в стандарте SQL отсутствует.

Неотложенные ограничения уникальности

Когда ограничение `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` не является отложенным, PostgreSQL проверяет уникальность непосредственно в момент добавления или изменения строки. Стандарт SQL говорит, что уникальность должна обеспечиваться только в конце оператора; это различие проявляется, например когда одна команда изменяет множество ключевых значений. Чтобы получить поведение, оговоренное стандартом, объявите ограничение как откладываемое (`DEFERRABLE`), но не отложенное (т. е., `INITIALLY IMMEDIATE`). Учтите, что этот вариант может быть значительно медленнее, чем немедленная проверка ограничений.

Ограничения-проверки для столбцов

Стандарт SQL говорит, что ограничение `CHECK`, определяемое для столбца, может ссылаться только на столбец, с которым оно связано; только ограничения `CHECK` для таблиц могут ссылаться на несколько столбцов. В PostgreSQL этого ограничения нет; он воспринимает ограничения-проверки для столбцов и таблиц одинаково.

Ограничение `EXCLUDE`

Ограничения `EXCLUDE` являются расширением PostgreSQL.

NULL «Ограничение»

«Ограничение» `NULL` (на самом деле это не ограничение) является расширением PostgreSQL стандарта SQL, которое реализовано для совместимости с некоторыми другими СУБД (и для симметрии с ограничением `NOT NULL`). Так как это поведение по умолчанию для любого столбца, его присутствие не несёт смысловой нагрузки.

Имена ограничений

В стандарте SQL говорится, что имена ограничений таблицы и ограничений домена должны быть уникальными в схеме, содержащей эту таблицу или домен. Однако PostgreSQL менее строг: он

требует только, чтобы имена были уникальны среди ограничений, присоединённых к данной конкретной таблице или домену. Но такого послабления нет для ограничений, построенных на индексах (ограничений `UNIQUE`, `PRIMARY KEY` и `EXCLUDE`), так как ограничение и связанный с ним индекс имеют одно имя, а имена индексов должны быть уникальны среди всех отношений в их схеме.

В настоящее время в PostgreSQL ограничения `NOT NULL` вообще не имеют имён, так что на них требования уникальности не распространяются. Однако это может поменяться в будущих выпусках.

Наследование

Множественное наследование посредством `INHERITS` является языковым расширением PostgreSQL. SQL:1999 и более поздние стандарты определяют единичное наследование с другим синтаксисом и смыслом. Наследование в стиле SQL:1999 пока ещё не поддерживается в PostgreSQL.

Таблицы с нулём столбцов

PostgreSQL позволяет создать таблицу без столбцов (например, `CREATE TABLE foo();`). Это расширение стандарта SQL, который не допускает таблицы с нулём столбцов. Таблицы с нулём столбцов сами по себе не очень полезны, но если их запретить, возникают странные особые ситуации с командой `ALTER TABLE DROP COLUMN`, так что лучшим вариантом кажется игнорировать это требование стандарта.

Множество столбцов идентификации

PostgreSQL позволяет иметь в таблице более одного столбца идентификации. В стандарте же говорится, что в таблице может быть максимум один столбец идентификации. Это ограничение ослаблено в основном для большей гибкости при выполнении изменений в схеме или миграции. Обратите внимание, что команда `INSERT` поддерживает только одно предложение переопределения значения, применяемое ко всему оператору, так что с несколькими столбцами идентификации разное поведение не поддерживается должным образом.

Предложение `LIKE`

Хотя предложение `LIKE` описано в стандарте SQL, многие варианты его использования, допустимые в PostgreSQL, в стандарте не описаны, а некоторые предусмотренные в стандарте возможности не реализованы в PostgreSQL.

Предложение `WITH`

Предложение `WITH` является расширением PostgreSQL; в стандарте ни параметры хранения, ни `OID` не оговариваются.

Табличные пространства

Концепция табличных пространств в PostgreSQL отсутствует в стандарте. Как следствие, предложения `TABLESPACE` и `USING INDEX TABLESPACE` являются расширениями.

Типизированные таблицы

Типизированные таблицы реализуют подмножество стандарта SQL. Согласно стандарту, типизированная таблица содержит столбцы, соответствующие нижележащему составному типу, и ещё один столбец, ссылающийся на себя. PostgreSQL не поддерживает ссылающиеся на себя столбцы явно, но тот же эффект можно получить, воспользовавшись `OID`.

Предложение `PARTITION BY`

Предложение `PARTITION BY` является расширением PostgreSQL.

Предложение `PARTITION OF`

Предложение `PARTITION OF` является расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER TABLE, DROP TABLE, CREATE TABLE AS, CREATE TABLESPACE, CREATE TYPE

CREATE TABLE AS

CREATE TABLE AS — создать таблицу из результатов запроса

Синтаксис

```
CREATE [ [ GLOBAL | LOCAL ] { TEMPORARY | TEMP } | UNLOGGED ] TABLE [ IF NOT
EXISTS ] имя_таблицы
    [ (имя_столбца [, ...] ) ]
    [ WITH ( параметр_хранения [= значение] [, ... ] ) | WITH OIDS | WITHOUT OIDS ]
    [ ON COMMIT { PRESERVE ROWS | DELETE ROWS | DROP } ]
    [ TABLESPACE табл_пространство ]
AS запрос
    [ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

CREATE TABLE AS создаёт таблицу и наполняет её данными, полученными в результате выполнения SELECT. Столбцы этой таблицы получают имена и типы данных в соответствии со столбцами результата SELECT (хотя имена столбцов можно переопределить, добавив явно список новых имён столбцов).

CREATE TABLE AS напоминает создание представления, но на самом деле есть значительная разница: эта команда создаёт новую таблицу и выполняет запрос только раз, чтобы наполнить таблицу начальными данными. Последующие изменения в исходных таблицах запроса в новой таблице отражаться не будут. С представлением, напротив, определяющая его команда SELECT выполняется при каждой выборке из него.

Параметры

GLOBAL или LOCAL

Для совместимости игнорируются. Использование этих ключевых слов считается устаревшим; за подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

TEMPORARY или TEMP

Если указано, создаваемая таблица будет временной. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

UNLOGGED

Если указано, создаваемая таблица будет нежурналируемой. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если отношение с таким именем уже существует. В этом случае будет выдано замечание. За подробностями обратитесь к описанию CREATE TABLE.

имя_таблицы

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Имя столбца в создаваемой таблице. Если имена столбцов не заданы явно, они определяются по именам столбцов результата запроса.

WITH (*параметр_хранения* [= *значение*] [, ...])

Это предложение определяет дополнительные параметры хранения для новой таблицы: за подробностями обратитесь к Подразделу «Параметры хранения». Предложение WITH может

также включать указание `oids=true` (или просто `oids`), с которым строкам в новой таблице будут назначаться идентификаторы объектов (OID), либо указание `oids=false`, с которым строки не будут содержать OID. За дополнительными сведениями обратитесь к `CREATE TABLE`.

`WITH OIDS`
`WITHOUT OIDS`

Это устаревшее написание указаний `WITH (oids)` и `WITH (oids=false)`, соответственно. Если требуется определить одновременно свойство `oids` и параметры хранения, необходимо использовать синтаксис `WITH ( ... )`; см. ниже.

`ON COMMIT`

Поведением временных таблиц в конце блока транзакции позволяет управлять предложение `ON COMMIT`, которое принимает три параметра:

`PRESERVE ROWS`

Никакое специальное действие в конце транзакции не выполняется. Это поведение по умолчанию.

`DELETE ROWS`

Все строки в этой временной таблице будут удаляться в конце каждого блока транзакции. По сути, при каждой фиксации транзакции будет автоматически выполняться `TRUNCATE`.

`DROP`

Эта временная таблица будет удаляться в конце текущего блока транзакции.

`TABLESPACE табл_пространство`

Здесь *табл_пространство* — имя табличного пространства, в котором будет создаваться новая таблица. Если оно не указано, выбирается `default_tablespace` или `temp_tablespaces`, если таблица временная.

запрос

Команда `SELECT`, `TABLE` или `VALUES`, либо команда `EXECUTE`, выполняющая подготовленный запрос `SELECT`, `TABLE` или `VALUES`.

`WITH [ NO ] DATA`

Это предложение определяет, будут ли данные, выданные запросом, копироваться в новую таблицу. Если нет, то копируется только структура. По умолчанию данные копируются.

Замечания

Функциональность этой команды подобна `SELECT INTO`, но предпочтительнее использовать её, во избежание путаницы с другими применениями синтаксиса `SELECT INTO`. Кроме того, набор возможностей `CREATE TABLE AS` шире, чем у `SELECT INTO`.

Команда `CREATE TABLE AS` позволяет пользователю явно определить, добавлять ли OID в таблицу. Если присутствие OID не определено явно, оно определяется конфигурационной переменной `default_with_oids`.

Примеры

Создание таблицы `films_recent`, содержащей только последние записи из таблицы `films`:

```
CREATE TABLE films_recent AS
SELECT * FROM films WHERE date_prod >= '2002-01-01';
```

Чтобы скопировать таблицу полностью, можно также использовать короткую форму команды `TABLE`:

```
CREATE TABLE films2 AS  
TABLE films;
```

Создание временной таблицы `films_recent`, содержащей только последние записи таблицы `films`, с применением подготовленного оператора. Новая таблица будет содержать OID и прекратит существование при фиксации транзакции:

```
PREPARE recentfilms(date) AS  
SELECT * FROM films WHERE date_prod > $1;  
CREATE TEMP TABLE films_recent WITH (oids) ON COMMIT DROP AS  
EXECUTE recentfilms('2002-01-01');
```

Совместимость

`CREATE TABLE AS` соответствует стандарту SQL. Нестандартные расширения перечислены ниже:

- Стандарт требует заключать предложение подзапроса в скобки, но в PostgreSQL эти скобки необязательны.
- Стандарт требует наличия указания `WITH [ NO ] DATA`, в PostgreSQL оно необязательно.
- PostgreSQL работает с временными таблицами не так, как описано в стандарте; за подробностями обратитесь к `CREATE TABLE`.
- Предложение `WITH` является расширением PostgreSQL; в стандарте ни параметры хранения, ни OID не оговариваются.
- Концепция табличных пространств в PostgreSQL отсутствует в стандарте. Как следствие, предложение `TABLESPACE` является расширением.

См. также

`CREATE MATERIALIZED VIEW`, `CREATE TABLE`, `EXECUTE`, `SELECT`, `SELECT INTO`, `VALUES`

CREATE TABLESPACE

CREATE TABLESPACE — создать табличное пространство

Синтаксис

```
CREATE TABLESPACE табл_пространство
[ OWNER { новый_владелец | CURRENT_USER | SESSION_USER } ]
LOCATION 'каталог'
[ WITH ( параметр_табличного_пространства = значение [, ... ] ) ]
```

Описание

CREATE TABLESPACE регистрирует новое табличное пространство на уровне кластера баз данных. Имя табличного пространства должно отличаться от имён уже существующих табличных пространств в кластере.

Табличные пространства позволяют суперпользователям определять альтернативные расположения в файловой системе, где могут находиться файлы, содержащие объекты базы данных (например, таблицы или индексы).

Пользователь, имеющий соответствующие права, может передать параметр *табл_пространство* команде CREATE DATABASE, CREATE TABLE, CREATE INDEX или ADD CONSTRAINT, чтобы файлы данных для этих объектов хранились в указанном табличном пространстве.

Предупреждение

Табличное пространство нельзя использовать отдельно от кластера, в котором оно было определено; см. Раздел 22.6.

Параметры

табл_пространство

Имя создаваемого табличного пространства. Это имя не может начинаться с *pg_*, так как такие имена зарезервированы для системных табличных пространств.

имя_пользователя

Имя пользователя, который будет владельцем табличного пространства. Если опущено, владельцем по умолчанию станет пользователь, выполняющий команду. Создавать табличные пространства могут только суперпользователи, но их владельцами могут быть назначены и обычные пользователи.

каталог

Каталог, который будет использован для этого табличного пространства. Этот каталог должен быть пустым и должен принадлежать системному пользователю PostgreSQL. Задаваться его расположение должно абсолютным путём.

параметр_табличного_пространства

Устанавливаемый или сбрасываемый параметр табличного пространства. В настоящее время поддерживаются только параметры *seq_page_cost*, *random_page_cost* и *effective_io_concurrency*. При установке этих значений для заданного табличного пространства будет переопределена обычная оценка стоимости чтения страниц из таблиц в этом пространстве, настраиваемая одноимённым параметром конфигурации (см. *seq_page_cost*, *random_page_cost*, *effective_io_concurrency*). Это может быть полезно, если одно из табличных

пространств размещено на диске, который быстрее или медленнее остальной дисковой системы.

Замечания

Табличные пространства поддерживаются только на платформах, поддерживающих символические ссылки.

CREATE TABLESPACE не может быть выполнена внутри блока транзакции.

Примеры

Создание табличного пространства dbspace в /data/dbs:

```
CREATE TABLESPACE dbspace LOCATION '/data/dbs';
```

Создание табличного пространства indexspace в /data/indexes и назначение его владельцем genevieve:

```
CREATE TABLESPACE indexspace OWNER genevieve LOCATION '/data/indexes';
```

Совместимость

CREATE TABLESPACE является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DATABASE, CREATE TABLE, CREATE INDEX, DROP TABLESPACE, ALTER TABLESPACE

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION — создать конфигурацию текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION имя (  
    PARSER = имя_анализатора |  
    COPY = исходная_конфигурация  
)
```

Описание

CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION создаёт конфигурацию текстового поиска. Конфигурация текстового поиска определяет анализатор текстового поиска, разделяющий строку на фрагменты, и словари, позволяющие установить, какие именно фрагменты представляют интерес при поиске.

Если задаётся только анализатор, новая конфигурация текстового поиска не будет содержать сопоставления типов фрагментов со словарями и, как следствие, будет игнорировать все слова. Для создания сопоставлений, которые бы сделали конфигурацию полезной, затем нужно будет воспользоваться командой ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION. Другой вариант команды позволяет скопировать конфигурацию текстового поиска.

Если указывается имя схемы, конфигурация текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае она создаётся в текущей схеме.

Владельцем конфигурации текстового поиска становится пользователь её создавший.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемой конфигурации текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

имя_анализатора

Имя анализатора текстового поиска, который будет использоваться этой конфигурацией.

исходная_конфигурация

Имя существующей конфигурации текстового поиска, которая будет скопирована.

Замечания

Параметры *PARSER* и *COPY* являются взаимоисключающими, так как при копировании существующей конфигурации выбранный в ней анализатор копируется тоже.

Совместимость

Оператор CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION, DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY — создать словарь текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY имя (  
    TEMPLATE = шаблон  
    [, параметр = значение [, ... ]]  
)
```

Описание

CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY создаёт словарь текстового поиска. Словарь текстового поиска определяет способ выделения слов, представляющих или не представляющих интерес для поиска. Работа словаря зависит от шаблона текстового поиска, в котором определяются функции, собственно выполняющие действия. Обычно словарь задаёт некоторые параметры, управляющие частным поведением функций шаблона.

Если указывается имя схемы, словарь текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Владельцем словаря текстового поиска становится пользователь его создавший.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого словаря текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

шаблон

Имя шаблона текстового поиска, который будет определять общее поведение этого словаря.

параметр

Имя параметра шаблона, устанавливаемого для данного словаря.

значение

Значение для параметра, связанного с шаблоном. Если это не простой идентификатор или число, его следует заключить в кавычки (при желании его можно заключать в кавычки всегда).

Параметры могут перечисляться в любом порядке.

Примеры

Команда в следующем примере создаёт словарь на базе Snowball с нестандартным списком стоп-слов.

```
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY my_russian (  
    template = snowball,  
    language = russian,  
    stopwords = myrussian  
);
```

Совместимость

Оператор CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

CREATE TEXT SEARCH PARSER

CREATE TEXT SEARCH PARSER — создать анализатор текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH PARSER имя (  
    START = функция_начала ,  
    GETTOKEN = функция_выдачи_фрагмента ,  
    END = функция_окончания ,  
    LEXTYPES = функция_лекс_типов  
    [, HEADLINE = функция_выдержек ]  
)
```

Описание

CREATE TEXT SEARCH PARSER создаёт анализатор текстового поиска. Анализатор текстового поиска определяет способ разделения текстовой строки на фрагменты и назначения типов (категорий) этим фрагментам. Анализатор не очень полезен сам по себе, для осуществления поиска он должен быть подключён к конфигурации текстового поиска вместе с определёнными словарями.

Если указывается имя схемы, словарь текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Выполнить CREATE TEXT SEARCH PARSER может только суперпользователь. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение анализатора текстового поиска может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого анализатора текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

функция_начала

Имя функции, вызываемой в начале обработки.

функция_выдачи_фрагмента

Имя функции, выдающей следующий фрагмент.

функция_окончания

Имя функции, вызываемой по окончании обработки.

функция_лекс_типов

Имя функции перечисления лексических типов (эта функция выдаёт информацию о множестве типов фрагментов, выделяемых анализатором).

функция_выдержек

Имя функции извлечения выдержек (эта функция выделяет краткое содержание для набора фрагментов).

Имена функций могут быть дополнены именем схемы, если требуется. Типы аргументов не указываются, так как список аргументов для всех типов функций предопределён. Обязательными являются все функции, кроме функции выдержек.

Аргументы могут перечисляться в любом порядке, не только в том, что показан выше.

Совместимость

Оператор `CREATE TEXT SEARCH PARSER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER TEXT SEARCH PARSER`, `DROP TEXT SEARCH PARSER`

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE — создать шаблон текстового поиска

Синтаксис

```
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE имя (  
    [ INIT = функция_инициализации , ]  
    LEXIZE = функция_выделения_лексем  
)
```

Описание

CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE создаёт новый шаблон текстового поиска. Шаблоны текстового поиска определяют функции для реализации словарей текстового поиска. Шаблон сам по себе бесполезен, но его экземпляр нужно создать для словаря. Словарь обычно определяет параметры, передаваемые функциям шаблона.

Если указывается имя схемы, шаблон текстового поиска создаётся в указанной схеме. В противном случае он создаётся в текущей схеме.

Выполнить CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE может только суперпользователь. Это ограничение введено потому, что ошибочное определение шаблона текстового поиска может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера. Смысл отделения шаблонов от словарей в том, что шаблон покрывает «небезопасные» аспекты определения словаря. Параметры, которые можно задать при определении словаря, не могут причинить вред, поэтому создавать словари разрешено и непривилегированным пользователям.

За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 12.

Параметры

имя

Имя создаваемого шаблона текстового поиска, возможно, дополненное схемой.

функция_инициализации

Имя функции инициализации для шаблона.

функция_выделения_лексем

Имя функции выделения лексем.

Имена функций могут быть дополнены именем схемы, если требуется. Типы аргументов не указываются, так как список аргументов для всех типов функций предопределён. Функция выделения лексем является обязательной, а функция инициализации может отсутствовать.

Аргументы могут перечисляться в любом порядке, не только в том, что показан выше.

Совместимость

Оператор CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

CREATE TRANSFORM

CREATE TRANSFORM — создать трансформацию

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] TRANSFORM FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка (  
    FROM SQL WITH FUNCTION имя_функции_из_sql [ (тип_аргумента [, ...]) ],  
    TO SQL WITH FUNCTION имя_функции_в_sql [ (тип_аргумента [, ...]) ]  
);
```

Описание

CREATE TRANSFORM определяет новую трансформацию. CREATE OR REPLACE TRANSFORM либо создаёт трансформацию, либо заменяет существующую.

Трансформация определяет, как преобразовать тип данных для процедурного языка. Например, если написать на языке PL/Python функцию, использующую тип `hstore`, PL/Python заведомо не знает, как должны представляться значения `hstore` в среде Python. Обычно реализации языка нисходят к текстовому представлению, но это может быть неудобно, когда более уместен был бы, например, ассоциативный массив или список.

Трансформация определяет две функции:

- Функция «из SQL» преобразует тип из среды SQL в среду языка. Эта функция будет вызываться для аргументов функции, написанной на этом языке.
- Функция «в SQL» преобразует тип из среды языка в среду SQL. Эта функция будет вызываться для значения, возвращаемого из функции на этом языке.

Предоставлять обе эти функции не требуется, можно ограничиться одной. Если одна из них не указана, при необходимости выбирается поведение, принятое для языка по умолчанию. (Чтобы полностью перекрыть путь трансформации в одну сторону, можно написать функцию, которая будет всегда выдавать ошибку.)

Чтобы создать трансформацию, необходимо быть владельцем и иметь право `USAGE` для типа, иметь право `USAGE` для языка, а также быть владельцем и иметь право `EXECUTE` для функций из-SQL и в-SQL, если они задаются.

Параметры

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

имя_функции_из_sql[(*тип_аргумента* [, ...])]

Имя функции для преобразования типа из среды SQL в среду языка. Она должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип `internal`. Фактический аргумент будет иметь тип, заданный для трансформации, и сама функция должна рассчитывать на это. (Но на уровне SQL нельзя объявить функцию, возвращающую тип `internal`, если она не принимает минимум один аргумент типа `internal`.) Фактически возвращаемое значение будет определяться реализацией языка. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

имя_функции_в_sql[(*тип_аргумента* [, ...])]

Имя функции для преобразования типа из среды языка в среду SQL. Она должна принимать один аргумент типа `internal` и возвращать тип, для которого создаётся трансформация. Фак-

тическое значение аргумента будет определяться реализацией языка. Если список аргументов отсутствует, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

Замечания

Для удаления трансформаций применяется DROP TRANSFORM.

Примеры

Чтобы создать трансформацию для типа `hstore` и языка `plpythonu`, сначала нужно создать тип и язык:

```
CREATE TYPE hstore ...;
```

```
CREATE EXTENSION plpythonu;
```

Затем создайте необходимые функции:

```
CREATE FUNCTION hstore_to_plpython(val internal) RETURNS internal
LANGUAGE C STRICT IMMUTABLE
AS ...;
```

```
CREATE FUNCTION plpython_to_hstore(val internal) RETURNS hstore
LANGUAGE C STRICT IMMUTABLE
AS ...;
```

И наконец, создайте трансформацию, соединяющую всё это вместе:

```
CREATE TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu (
    FROM SQL WITH FUNCTION hstore_to_plpython(internal),
    TO SQL WITH FUNCTION plpython_to_hstore(internal)
);
```

На практике эти команды помещаются в расширение.

В разделе `contrib` представлено несколько расширений, в которых определены трансформации, что может послужить практическим примером реализации.

Совместимость

Первая форма CREATE TRANSFORM является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL есть команда CREATE TRANSFORM, но её предназначение — преобразовывать типы для языков на стороне клиента. Этот вариант использования не поддерживается PostgreSQL.

См. также

CREATE FUNCTION, CREATE LANGUAGE, CREATE TYPE, DROP TRANSFORM

CREATE TRIGGER

CREATE TRIGGER — создать триггер

Синтаксис

```
CREATE [ CONSTRAINT ] TRIGGER имя { BEFORE | AFTER | INSTEAD OF } { событие
[ OR ... ] }
ON имя_таблицы
[ FROM ссылающаяся_таблица ]
[ NOT DEFERRABLE | [ DEFERRABLE ] [ INITIALLY IMMEDIATE | INITIALLY DEFERRED ] ]
[ REFERENCING { { OLD | NEW } TABLE [ AS ] имя_переходного_отношения } [ ... ] ]
[ FOR [ EACH ] { ROW | STATEMENT } ]
[ WHEN ( условие ) ]
EXECUTE { FUNCTION | PROCEDURE } имя_функции ( аргументы )
```

Здесь допускается *событие*:

```
INSERT
UPDATE [ OF имя_столбца [, ... ] ]
DELETE
TRUNCATE
```

Описание

CREATE TRIGGER создаёт новый триггер. Триггер будет связан с указанной таблицей, представлением или сторонней таблицей и будет выполнять заданную функцию *имя_функции* при определённых операциях с этой таблицей.

Триггер можно настроить так, чтобы он срабатывал до операции со строкой (до проверки ограничений и попытки выполнить INSERT, UPDATE или DELETE) или после её завершения (после проверки ограничений и выполнения INSERT, UPDATE или DELETE), либо вместо операции (при добавлении, изменении и удалении строк в представлении). Если триггер срабатывает до или вместо события, он может пропустить операцию с текущей строкой, либо изменить добавляемую строку (только для операций INSERT и UPDATE). Если триггер срабатывает после события, он «видит» все изменения, включая результат действия других триггеров.

Триггер с пометкой FOR EACH ROW вызывается один раз для каждой строки, изменяемой в процессе операции. Например, операция DELETE, удаляющая 10 строк, приведёт к срабатыванию всех триггеров ON DELETE в целевом отношении 10 раз подряд, по одному разу для каждой удаляемой строки. Триггер с пометкой FOR EACH STATEMENT, напротив, вызывается только один раз для конкретной операции, вне зависимости от того, как много строк она изменила (в частности, при выполнении операции, изменяющей ноль строк, всё равно будут вызваны все триггеры FOR EACH STATEMENT).

Триггеры, срабатывающие в режиме INSTEAD OF, должны быть помечены FOR EACH ROW и могут быть определены только для представлений. Триггеры BEFORE и AFTER для представлений должны быть помечены FOR EACH STATEMENT.

Кроме того, триггеры можно определить и для команды TRUNCATE, но только типа FOR EACH STATEMENT.

В следующей таблице перечисляются типы триггеров, которые могут использоваться для таблиц, представлений и сторонних таблиц:

Когда	Событие	На уровне строк	На уровне оператора
BEFORE	INSERT/UPDATE/DELETE	Таблицы и сторонние таблицы	Таблицы, представления и сторонние таблицы

Когда	Событие	На уровне строк	На уровне оператора
	TRUNCATE	—	Таблицы
AFTER	INSERT/UPDATE/DELETE	Таблицы и сторонние таблицы	Таблицы, представления и сторонние таблицы
	TRUNCATE	—	Таблицы
INSTEAD OF	INSERT/UPDATE/DELETE	Представления	—
	TRUNCATE	—	—

Кроме того, в определении триггера можно указать булевское условие `WHEN`, которое определит, вызывать триггер или нет. В триггерах на уровне строк условия `WHEN` могут проверять старые и/или новые значения столбцов в строке. Триггеры на уровне оператора так же могут содержать условие `WHEN`, хотя для них это не столь полезно, так как в этом условии нельзя сослаться на какие-либо значения в таблице.

Если для одного события определено несколько триггеров одного типа, они будут срабатывать в алфавитном порядке их имён.

Когда указывается параметр `CONSTRAINT`, эта команда создаёт *триггер ограничения*. Он подобен обычным триггерам, но отличается тем, что время его срабатывания можно изменить командой `SET CONSTRAINTS`. Триггеры ограничений должны быть триггерами типа `AFTER ROW` для обычных (не сторонних) таблиц. Они могут срабатывать либо в конце оператора, вызвавшего целевое событие, либо в конце содержащей его транзакции; в последнем случае они называются *отложенными*. Срабатывание ожидающего отложенного триггера можно вызвать немедленно, воспользовавшись командой `SET CONSTRAINTS`. Предполагается, что триггеры ограничений будут генерировать исключения при нарушении ограничений.

Когда указывается `REFERENCING`, для триггера собираются *переходные отношения*, представляющие собой множества строк, включающие все строки, которые были добавлены, удалены или изменены текущим оператором SQL. Это позволяет триггеру наблюдать общую картину того, что сделал оператор, а не только одну строку за другой. Это указание допускается только для триггера `AFTER`, не являющегося триггером ограничения; кроме того, если это триггер для `UPDATE`, у него должен отсутствовать список *имён_столбцов*. Указание `OLD TABLE` может быть задано только один раз и только для триггера, который может срабатывать при `UPDATE` или `DELETE`; оно создаёт переходное отношение, содержащее *образы-до-изменения* всех строк, модифицированных или удалённых оператором. Указание `NEW TABLE`, подобным образом, может быть задано только единожды и только для триггера, который может срабатывать для `UPDATE` или `INSERT`; оно создаёт переходное отношение, содержащее *образы-после-изменения* всех строк, модифицированных или добавленных оператором.

`SELECT` не изменяет никакие строки, поэтому создавать триггеры для `SELECT` нельзя. Для решения задач, в которых требуются подобные триггеры, могут подойти правила или представления.

За дополнительными сведениями о триггерах обратитесь к Главе 39.

Параметры

ИМЯ

Имя, назначаемое новому триггеру. Это имя должно отличаться от имени любого другого триггера в этой же таблице. Имя не может быть дополнено схемой — триггер наследует схему от своей таблицы. Для триггеров ограничений это имя также используется, когда требуется скорректировать поведение триггера с помощью команды `SET CONSTRAINTS`.

BEFORE
AFTER
INSTEAD OF

Определяет, будет ли заданная функция вызываться до, после или вместо события. Для триггера ограничения можно указать только AFTER.

событие

Принимает одно из значений: INSERT, UPDATE, DELETE или TRUNCATE; этот параметр определяет событие, при котором будет срабатывать триггер. Несколько событий можно указать, добавив между ними слово OR, если только не запрашиваются переходные отношения.

Для событий UPDATE можно указать список столбцов, используя такую запись:

UPDATE OF *имя_столбца1* [, *имя_столбца2* ...]

Такой триггер сработает, только если в указанном в целевой команде UPDATE списке столбцов найдётся минимум одна из перечисленных.

Для событий INSTEAD OF UPDATE указание списка столбцов не допускается. Список столбцов также нельзя задать, когда запрашиваются переходные отношения.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, представления или сторонней таблицы, для которых предназначен триггер.

ссылающаяся_таблица

Имя (возможно, дополненное схемой) другой таблицы, на которую ссылается ограничение. Оно используется для ограничений внешнего ключа и не рекомендуется для обычного применения. Это указание допускается только для триггеров ограничений.

DEFERRABLE
NOT DEFERRABLE
INITIALLY IMMEDIATE
INITIALLY DEFERRED

Время срабатывания триггера по умолчанию. Подробнее возможные варианты описаны в документации CREATE TABLE. Это указание допускается только для триггеров ограничений.

REFERENCING

Это ключевое слово непосредственно предшествует объявлению одного или двух имён, по которым можно будет обращаться к переходным отношениями, образуемым при выполнении целевого оператора.

OLD TABLE
NEW TABLE

Это предложение указывает, будет ли следующее имя относиться к переходному отношению с образом-до-изменения или к переходному отношению с образом-после-изменения.

имя_переходного_отношения

Имя (неполное, без схемы), которое будет использоваться в триггере для обращения к этому переходному отношению.

FOR EACH ROW
FOR EACH STATEMENT

Определяет, будет ли функция триггера срабатывать один раз для каждой строки, либо для SQL-оператора. Если не указано ничего, подразумевается FOR EACH STATEMENT (для оператора). Для триггеров ограничений можно указать только FOR EACH ROW.

условие

Булевское выражение, определяющее, будет ли выполняться функция триггера. Если для триггера задано указание `WHEN`, функция будет вызываться, только когда *условие* возвращает `true`. В триггерах `FOR EACH ROW` условие `WHEN` может ссылаться на значения столбца в старой и/или новой строке, в виде `OLD.имя_столбца` и `NEW.имя_столбца`, соответственно. Разумеется, триггеры `INSERT` не могут ссылаться на `OLD`, а триггеры `DELETE` не могут ссылаться на `NEW`.

Триггеры `INSTEAD OF` не поддерживают условия `WHEN`.

В настоящее время выражения `WHEN` не могут содержать подзапросы.

Учтите, что для триггеров ограничений вычисление условия `WHEN` не откладывается, а выполняется немедленно после операции, изменяющей строки. Если результат условия — ложь, сам триггер не откладывается для последующего выполнения.

имя_функции

Заданная пользователем функция, объявленная как функция без аргументов и возвращающая тип `trigger`, которая будет вызываться при срабатывании триггера.

В синтаксисе `CREATE TRIGGER` ключевые слова `FUNCTION` и `PROCEDURE` равнозначны, но указываемая триггерная функция должна в любом случае быть функцией, а не процедурой. Ключевое слово `PROCEDURE` здесь поддерживается по историческим причинам и считается устаревшим.

аргументы

Необязательный список аргументов через запятую, которые будут переданы функции при срабатывании триггера. В качестве аргументов функции передаются строковые константы. И хотя в этом списке можно записать и простые имена или числовые константы, они тоже будут преобразованы в строки. Порядок обращения к таким аргументам в функции триггера может отличаться от обычных аргументов, поэтому его следует уточнить в описании языка реализации этой функции.

Замечания

Чтобы создать триггер, пользователь должен иметь право `TRIGGER` для этой таблицы. Также пользователь должен иметь право `EXECUTE` для триггерной функции.

Для удаления триггера применяется команда `DROP TRIGGER`.

Триггер для избранных столбцов (определённый с помощью `UPDATE OF имя_столбца`) будет срабатывать, когда его столбцы перечислены в качестве целевых в списке `SET` команды `UPDATE`. Изменения, вносимые в строки триггерами `BEFORE UPDATE`, при этом не учитываются, поэтому значения столбцов можно изменить так, что триггер не сработает. И наоборот, при выполнении команды `UPDATE ... SET x = x ...` триггер для столбца `x` сработает, хотя значение столбца не меняется.

В триггере `BEFORE` условие `WHEN` вычисляется непосредственно перед возможным вызовом функции, поэтому проверка `WHEN` существенно не отличается от проверки того же условия в начале функции триггера. В частности, учтите, что строка `NEW`, которую видит ограничение, содержит текущие значения, возможно, изменённые предыдущими триггерами. Кроме того, в триггере `BEFORE` условие `WHEN` не может проверять системные столбцы в строке `NEW` (например, `oid`), так как они ещё не установлены.

В триггере `AFTER` условие `WHEN` проверяется сразу после изменения строки, и если оно выполняется, событие запоминается, чтобы вызвать триггер в конце оператора. Если же для триггера `AFTER` условие `WHEN` не выполняется, нет необходимости запоминать событие для последующей обработки или заново перечитывать строку в конце оператора. Это приводит к значительному ускорению операторов, изменяющих множество строк, когда триггер должен срабатывать только для некоторых из них.

В некоторых случаях одна команда SQL может вызывать сразу нескольких видов триггеров. Например, `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` может выполнять операции как добавления, так и изменения, так что она при необходимости будет вызывать триггеры обоих видов. При этом переходные отношения, предоставляемые триггерам, будут разными в зависимости от типа события; то есть триггер `INSERT` будет видеть только добавленные строки, а триггер `UPDATE` — только изменённые.

Изменения или удаления строк, вызванные действиями по обеспечению целостности внешнего ключа, например, `ON UPDATE CASCADE` или `ON DELETE SET NULL`, считаются частью SQL-команды, вызвавшей эти действия (заметьте, что такие действия не могут быть отложенными). В затрагиваемой таблице будут вызваны соответствующие триггеры, и таким образом появляется возможность вызова триггеров для SQL-команды, не соответствующей непосредственно их типу. В простых ситуациях триггеры, запрашивающие переходные отношения, будут видеть все изменения, произведённые в их таблице одной исходной командой SQL, в виде одного переходного отношения. Однако возможны случаи, в которых присутствие триггера `AFTER ROW`, запрашивающего переходные отношения, приведёт к тому, что операции для обеспечения целостности внешнего ключа, вызванные одной SQL-командой, будут разделены на несколько этапов, и на каждом будут свои переходные отношения. В таких случаях все существующие триггеры уровня оператора будут срабатывать единожды при создании переходного отношения, что гарантирует, что эти триггеры будут видеть каждую обрабатываемую строку в переходном отношении один и только один раз.

Триггеры уровня операторов для представления срабатывают, только если операция с представлением обрабатывается триггером уровня строк `INSTEAD OF`. Если операция обрабатывается правилом `INSTEAD`, то вместо исходного оператора, обращающегося к представлению, выполняются те операторы, что генерирует правило, поэтому вызываться будут триггеры, связанные с таблицами, к которым обращаются эти заменяющие операторы. Аналогично, для автоматически изменяемого представления выполнение операции сводится к переписыванию оператора в виде операции с базовой таблицей представления, так что срабатывать будут триггеры уровня операторов для базовой таблицы.

При создании триггера уровня строки для секционированной таблицы такие же триггеры будут созданы во всех существующих секциях этой таблицы; идентичные триггеры будут установлены и в секциях, создаваемых и присоединяемых позже. Для секционированных таблиц могут создаваться только триггеры `AFTER`.

При изменении данных в секционированной таблице или таблице с потомками срабатывают триггеры уровня оператора, связанные с явно задействованной таблицей, но не триггеры уровня оператора для её секций или дочерних таблиц. Триггеры уровня строк, напротив, срабатывают для строк в затрагиваемых секциях или дочерних таблицах, даже если они явно не присутствуют в запросе. Если триггер уровня оператора был определён с переходными отношениями, названными в указании `REFERENCING`, то в них будут видны образы строк из всех затронутых секций или дочерних таблиц. В случае с потомками в иерархии наследования образы строк будут содержать только столбцы, присутствующие в таблице, с которой связан триггер. В настоящее время триггеры уровня строк с переходными отношениями нельзя определить для секций или дочерних таблиц в иерархии наследования.

В PostgreSQL до версии 7.3 обязательно требовалось объявлять триггерные функции, как возвращающие фиктивный тип `opaque`, а не `trigger`. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, команда `CREATE TRIGGER` принимает функции с объявленным типом результата `opaque`, но при этом выдаётся предупреждение и тип результата меняется на `trigger`.

Примеры

Выполнение функции `check_account_update` перед любым изменением строк в таблице `accounts`:

```
CREATE TRIGGER check_update
    BEFORE UPDATE ON accounts
    FOR EACH ROW
    EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

То же самое, но функция триггера будет выполняться, только если столбец `balance` присутствует в списке целевых столбцов команды `UPDATE`:

```
CREATE TRIGGER check_update
  BEFORE UPDATE OF balance ON accounts
  FOR EACH ROW
  EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

В этом примере функция будет выполняться, если значение столбца `balance` в действительности изменилось:

```
CREATE TRIGGER check_update
  BEFORE UPDATE ON accounts
  FOR EACH ROW
  WHEN (OLD.balance IS DISTINCT FROM NEW.balance)
  EXECUTE FUNCTION check_account_update();
```

Вызов функции, ведущей журнал изменений в `accounts`, но только если что-то изменилось:

```
CREATE TRIGGER log_update
  AFTER UPDATE ON accounts
  FOR EACH ROW
  WHEN (OLD.* IS DISTINCT FROM NEW.*)
  EXECUTE FUNCTION log_account_update();
```

Выполнение для каждой строки функции `view_insert_row`, которая будет вставлять строки в нижележащие таблицы представления:

```
CREATE TRIGGER view_insert
  INSTEAD OF INSERT ON my_view
  FOR EACH ROW
  EXECUTE FUNCTION view_insert_row();
```

Выполнение функции `check_transfer_balances_to_zero` для каждого оператора, проверяющей, что строки `transfer` в совокупности дают нулевой баланс:

```
CREATE TRIGGER transfer_insert
  AFTER INSERT ON transfer
  REFERENCING NEW TABLE AS inserted
  FOR EACH STATEMENT
  EXECUTE FUNCTION check_transfer_balances_to_zero();
```

Выполнение функции `check_matching_pairs` для каждой строки, проверяющей, что соответствующие пары пунктов изменены синхронно (одним оператором):

```
CREATE TRIGGER paired_items_update
  AFTER UPDATE ON paired_items
  REFERENCING NEW TABLE AS newtab OLD TABLE AS oldtab
  FOR EACH ROW
  EXECUTE FUNCTION check_matching_pairs();
```

В Разделе 39.4 приведён полный пример функции триггера, написанной на C.

Совместимость

Оператор `CREATE TRIGGER` в PostgreSQL реализует подмножество возможностей, описанных в стандарте SQL. В настоящее время в нём отсутствует следующая функциональность:

- Тогда как имена переходных таблиц для триггеров `AFTER` задаются предложением `REFERENCING` стандартным образом, переменные строк, применяемые в триггерах `FOR EACH ROW` нельзя объявлять в предложении `REFERENCING`. Порядок обращения к таким строкам зависит от языка, на котором написана триггерная функция, но для каждого языка он вполне определённый. Некоторые языки по сути действуют так, как будто в команде присутствует предложение `REFERENCING` с указанием `OLD ROW AS OLD NEW ROW AS NEW`.

- Стандарт позволяет использовать переходные таблицы с триггерами `UPDATE`, ограничивающими набор отслеживаемых столбцов, но тогда и набор строк, видимых в переходных таблицах, должен зависеть от списка целевых столбцов триггера. В настоящее время такое поведение в PostgreSQL не реализовано.
- PostgreSQL позволяет задать в качестве действия триггера только функцию, определённую пользователем. Стандарт допускает также выполнение ряда других команд SQL, например, `CREATE TABLE`. Однако это ограничение несложно преодолеть, создав пользовательскую функцию, выполняющую требуемые команды.

В стандарте SQL определено, что несколько триггеров должны срабатывать по порядку создания. PostgreSQL упорядочивает их по именам, так как это было признано более удобным.

В стандарте SQL определено, что триггеры `BEFORE DELETE` при каскадном удалении срабатывают *после* завершения каскадного `DELETE`. В PostgreSQL триггеры `BEFORE DELETE` всегда срабатывают перед операцией удаления, даже если она каскадная. Это поведение выбрано как более логичное. Ещё одно отклонение от стандарта проявляется, когда триггеры `BEFORE`, срабатывающие в результате ссылочной операции, изменяют строки или не дают выполнить изменение. Это может привести к нарушению ограничений или сохранению данных, не соблюдающих ссылочную целостность.

Возможность задать несколько действий для одного триггера с помощью ключевого слова `OR` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

Возможность вызывать триггеры для `TRUNCATE` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL, как и возможность определять триггеры на уровне оператора для представлений.

`CREATE CONSTRAINT TRIGGER` — реализованное в PostgreSQL расширение стандарта SQL.

См. также

`ALTER TRIGGER`, `DROP TRIGGER`, `CREATE FUNCTION`, `SET CONSTRAINTS`

CREATE TYPE

CREATE TYPE — создать новый тип данных

Синтаксис

```
CREATE TYPE имя AS
    ( [ имя_атрибута тип_данных [ COLLATE правило_сортировки ] [, ... ] ] )
```

```
CREATE TYPE имя AS ENUM
    ( [ 'метка' [, ... ] ] )
```

```
CREATE TYPE имя AS RANGE (
    SUBTYPE = подтип
    [ , SUBTYPE_OPCLASS = класс_оператора_подтипа ]
    [ , COLLATION = правило_сортировки ]
    [ , CANONICAL = каноническая_функция ]
    [ , SUBTYPE_DIFF = функция_разницы_подтипа ]
)
```

```
CREATE TYPE имя (
    INPUT = функция_ввода,
    OUTPUT = функция_вывода
    [ , RECEIVE = функция_получения ]
    [ , SEND = функция_отправки ]
    [ , TYPMOD_IN = функция_ввода_модификатора_типа ]
    [ , TYPMOD_OUT = функция_вывода_модификатора_типа ]
    [ , ANALYZE = функция_анализа ]
    [ , INTERNALLENGTH = { внутр_длина | VARIABLE } ]
    [ , PASSEDBYVALUE ]
    [ , ALIGNMENT = выравнивание ]
    [ , STORAGE = хранение ]
    [ , LIKE = тип_образец ]
    [ , CATEGORY = категория ]
    [ , PREFERRED = предпочитаемый ]
    [ , DEFAULT = по_умолчанию ]
    [ , ELEMENT = элемент ]
    [ , DELIMITER = разделитель ]
    [ , COLLATABLE = сортируемый ]
)
```

```
CREATE TYPE имя
```

Описание

CREATE TYPE регистрирует новый тип данных для использования в текущей базе данных. Владелец типа становится создавший его пользователь.

Если указано имя схемы, тип создаётся в указанной схеме. В противном случае, он создаётся в текущей схеме. Имя типа должно отличаться от имён любых других существующих типов или доменов в той же схеме. (А так как с таблицами связываются типы данных, имя типа должно также отличаться и от имён существующих таблиц в этой схеме.)

Команда CREATE TYPE имеет пять форм, показанных выше в сводке синтаксиса. Они создают соответственно *составной тип*, *перечисление*, *диапазон*, *базовый тип* или *тип-пустышку*. Первые четыре эти типа рассматриваются по порядку ниже. Тип-пустышка представляет собой просто заготовку для типа, который будет определён позже; он создаётся командой CREATE TYPE с одним

именем, без параметров. Типы-пустышки необходимы для определения прямых ссылок при создании базовых типов и типов-диапазонов, как описывается в соответствующих разделах.

Составные типы

Первая форма `CREATE TYPE` создаёт составной тип. Составной тип задаётся списком имён и типами данных атрибутов. Если тип данных является сортируемым, то для атрибута можно также задать правило сортировки. Составной тип по сути не отличается от типа строки таблицы, но `CREATE TYPE` избавляет от необходимости создавать таблицу, когда всё, что нужно, это создать тип. Отдельный составной тип может быть полезен, например, для передачи аргументов или результатов функции.

Чтобы создать составной тип, необходимо иметь право `USAGE` для типов всех его атрибутов.

Типы перечислений

Вторая форма `CREATE TYPE` создаёт тип-перечисление (такие типы описываются в Разделе 8.7). Перечисления принимают список из одной или нескольких меток в кавычках, каждая не длиннее `NAMEDATALEN` байт (64 байта в стандартной сборке PostgreSQL).

Диапазонные типы

Третья форма `CREATE TYPE` создаёт тип-диапазон (такие типы описываются в Разделе 8.17).

Задаваемый для диапазона *подтип* может быть любым типом со связанным классом операторов В-дерева (что позволяет определить порядок значений в диапазоне). Обычно порядок элементов определяет класс операторов В-дерева по умолчанию, но его можно изменить, задав имя другого класса в параметре *класс_операторов_подтипа*. Если подтип поддерживает сортировку и требуется, чтобы значения упорядочивались с нестандартным правилом сортировки, его имя можно задать в параметре *правило_сортировки*.

Необязательная *каноническая_функция* должна принимать один аргумент определяемого типа диапазона и возвращать значение того же типа. Это используется для преобразования значений диапазона в каноническую форму, когда это уместно. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.17.8. Создаётся *каноническая_функция* несколько нетривиально, так как она должна быть уже определена, прежде чем можно будет объявить тип-диапазон. Для этого нужно сначала создать тип-пустышку, который будет заготовкой типа, не имеющей никаких свойств, кроме имени и владельца. Это можно сделать, выполнив команду `CREATE TYPE имя` без дополнительных параметров. Затем можно объявить функцию, для которой тип-пустышка будет типом аргумента и результата, и, наконец, объявить тип-диапазон с тем же именем. При этом тип-пустышка автоматически заменится полноценным типом-диапазоном.

Необязательная *функция_разницы_подтипа* должна принимать в аргументах два значения типа *подтип* и возвращать значение `double precision`, представляющее разницу между двумя данными значениями. Хотя эту функцию можно не использовать, она позволяет кардинально увеличить эффективность индексов GiST для столбцов с типом-диапазоном. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 8.17.8.

Базовые типы

Четвёртая форма `CREATE TYPE` создаёт новый базовый тип (скалярный тип). Чтобы создать новый базовый тип, нужно быть суперпользователем. (Это ограничение введено потому, что ошибочное определение типа может вызвать нарушения или даже сбой в работе сервера.)

Эти параметры могут перечисляться в любом порядке, не только в показанном выше, и большинство из них необязательные. Прежде чем создавать тип, необходимо зарегистрировать две или более функций (с помощью `CREATE FUNCTION`). Обязательными являются функции *функция_ввода* и *функция_вывода*, тогда как *функция_получения*, *функция_отправки*, *функция_модификатора_типа*, *функция_вывода_модификатора_типа* и *функция_анализа* могут отсутствовать. Обычно эти функции разрабатываются на C или другом низкоуровневом языке.

Функция_ввода преобразует внешнее текстовое представление типа во внутреннее, с которым работают операторы и функции, определённые для этого типа. *Функция_вывода* выполняет обратное преобразование. Функцию ввода можно объявить как принимающую один аргумент типа `cstring`, либо как принимающую три аргумента типов `cstring`, `oid` и `integer`. В первом аргументе передаётся вводимый текст в виде строки в стиле C, во втором аргументе — собственный OID типа (кроме типов массивов, для которых передаётся OID типа элемента), а в третьем — модификатор_типа для целевого столбца, если он определён (или -1 в противном случае). Функция ввода должна возвращать значение нового типа данных. Обычно функция ввода должна быть строгой (STRICT); если это не так, при получении на вход значения NULL она будет вызываться с первым параметром NULL. Функция может в этом случае сама вернуть NULL или вызвать ошибку. (Это полезно в основном для поддержки функций ввода доменных типов, которые не должны принимать данные NULL.) Функция вывода должна принимать один аргумент нового типа данных, а возвращать она должна `cstring`. Для значений NULL функции вывода не вызываются.

Необязательная *функция_получения* преобразует двоичное внешнее представление типа во внутреннее представление. Если эта функция отсутствует, новый тип не сможет участвовать в двоичном вводе. Двоичное представление следует выбирать таким, чтобы оно легко переводилось во внутреннюю форму и при этом было переносимым до разумной степени. (Например, для стандартных целочисленных типов данных во внешнем двоичном представлении выбран сетевой порядок байтов, тогда как внутреннее представление определяется порядком байтов в процессоре.) Функция получения должна выполнить проверку вводимого значения на допустимость. Функция получения может быть объявлена как принимающая один аргумент типа `internal`, либо как принимающая три аргумента типов `internal`, `oid` и `integer`. В первом аргументе передаётся указатель на буфер `StringInfo`, содержащий полученную байтовую строку, а дополнительные аргументы такие же, как и для функции ввода текста. Функция получения должна возвращать значение нового типа данных. Обычно функция получения должна быть строгой (STRICT); если это не так, при получении на вход значения NULL, она будет вызываться с первым параметром NULL. Функция может в этом случае сама вернуть NULL или вызвать ошибку. (Это полезно в основном для поддержки функций получения доменных типов, которые не должны принимать значения NULL.) Подобным образом, необязательная *функция_отправки* преобразует данные из внутреннего во внешнее двоичное представление. Если эта функция не определена, новый тип не может участвовать в двоичном выводе. Функция отправки должна принимать один аргумент нового типа данных, а возвращать она должна `bytea`. Для значений NULL функции отправки не вызываются.

Здесь у вас может возникнуть вопрос, как функции ввода и вывода могут быть объявлены принимающими или возвращающими значения нового типа, если они должны быть созданы до объявления нового типа. Ответ довольно прост: сначала нужно создать *тип-пустышку*, который будет заготовкой типа, не имеющей никаких свойств, кроме имени и владельца. Это можно сделать, выполнив команду `CREATE TYPE имя` без дополнительных параметров. Затем можно будет определить функции ввода/вывода на C, ссылающиеся на этот тип. И наконец, команда `CREATE TYPE` с полным определением заменит тип-пустышку окончательным и полноценным определением, после чего новый тип можно будет использовать как обычно.

Необязательные *функция_ввода_модификатора_типа* и *функция_вывода_модификатора_типа* требуются, только если типы поддерживают модификаторы, или, другими словами, дополнительные ограничения, связываемые с объявлением типа, например `char(5)` или `numeric(30,2)`. В PostgreSQL типы могут принимать в качестве модификаторов одну или несколько простых констант или идентификаторов. Однако эти данные должны упаковываться в единственное неотрицательное целочисленное значение, которое и будет храниться в системных каталогах. *Функция_ввода_модификатора_типа* получает объявленные модификаторы в виде строки `cstring`. Она должна проверить значения на допустимость (и вызвать ошибку, если они неверны), а затем выдать неотрицательное значение `integer`, которое будет сохранено в столбце «`typmod`». Если для типа не определена *функция_ввода_модификатора_типа*, модификаторы типа приниматься не будут. *Функция_вывода_модификатора_типа* преобразует внутреннее целочисленное значение `typmod` обратно, в форму, понятную пользователю. Она должна вернуть значение `cstring`, которое именно в этом виде будет добавлено к имени типа; например, функция для `numeric` должна вернуть `(30,2)`. *Функция_вывода_модификатора_типа* может быть опущена, в этом случае сохранённое целочисленное значение `typmod` по умолчанию будет выводиться просто в виде числа, заключённого в скобки.

Необязательная функция *анализа* выполняет сбор специфической для этого типа статистики в столбцах с таким типом данных. По умолчанию `ANALYZE` пытается собрать статистику, используя операторы «равно» и «меньше», если для этого типа определён класс операторов В-дерева по умолчанию. Для нескаллярных типов это поведение скорее всего не подойдёт, поэтому его можно переопределить, задав собственную функцию анализа. Эта функция должна принимать единственный аргумент типа `internal` и возвращать результат `boolean`. Более глубоко API функций анализа описан в `src/include/commands/vacuum.h`.

Если особенности внутреннего представления нового типа известны функциям ввода/вывода и другим функциям, созданным специально для работы с этим типом, необходимо определить ряд характеристик внутреннего представления, о которых должен знать PostgreSQL. В первую очередь это *internallength* (внутренняя длина). Если базовый тип данных имеет фиксированную длину, в *internallength* указывается эта длина в виде положительного числа, а если длина переменная, в *internallength* задаётся значение `VARIABLE`. (Внутри при этом `typlen` принимает значение -1.) Внутреннее представление всех типов переменной длины должно начинаться с 4-байтового целого, задающего общую длину значения этого типа. (Заметьте, что поле длины часто кодируется, как описано в Разделе 68.2; обращаться к нему напрямую неразумно.)

Необязательный флаг `PASSEDBYVALUE` указывает, что значения этого типа данных передаются по значению, а не по ссылке. Типы, передаваемые по значению, должны быть фиксированной длины и их внутреннее представление не может быть больше размера типа `Datum` (4 байта на одних машинах, 8 — на других).

Параметр *выравнивание* определяет, как требуется выравнивать данные этого типа. Допускается выравнивание по границам 1, 2, 4 или 8 байт. Заметьте, что типы переменной длины должны быть выровнены как минимум по границе 4 байт, так как их первым компонентом обязательно должен быть `int4`.

Параметр *хранение* позволяет выбрать стратегию хранения для типов данных переменной длины. (Для типов с фиксированной длиной поддерживается только вариант `plain`.) Если выбрана стратегия `plain`, данные этого типа всегда хранятся внутри, без сжатия. Со стратегией `extended` система сначала попытается сжать большое значение, а затем выносит его из строки основной таблицы, если оно всё же окажется слишком большим. С `external` значение может быть вынесено из основной таблицы, но система не будет пытаться сжать его. Стратегия `main` позволяет сжать данные, но не стремится вынести их из основной таблицы. (Элементы данных с этой стратегией хранения, тем не менее, могут быть вынесены из основной таблицы, если другого способа уместить их в строке нет, но всё же она отдаёт большее предпочтение основной таблице, по сравнению со стратегиями `extended` и `external`.)

Значения *storage*, отличные от `plain`, подразумевают, что функции типа данных могут принимать значения в формате *toast*, описанном в Разделе 68.2 и Подразделе 38.12.1. Эти значения просто определяют стратегию хранения TOAST по умолчанию для столбцов отделяемого в TOAST типа данных; пользователи могут выбирать другие стратегии для отдельных столбцов, применяя команду `ALTER TABLE SET STORAGE`.

Параметр *тип_образец* позволяет задать основные свойства представления типа другим способом: скопировать их из существующего типа. В частности, из указанного типа будут скопированы свойства *internallength*, *passedbyvalue*, *alignment* и *storage*. (Также возможно, хотя обычно это не требуется, переопределить некоторые из этих значений, указав их вместе с предложением `LIKE`.) Определять представление типа таким образом особенно удобно, когда низкоуровневая реализация нового типа некоторым образом опирается на существующий тип.

Параметры *категория* и *предпочитаемый* позволяют определять, какое неявное приведение будет применяться в неоднозначных ситуациях. Каждый тип данных принадлежит к некоторой категории, обозначаемой одним символом ASCII, при этом он может быть, либо не быть «предпочитаемым» в этой категории. Анализатор запроса по возможности выберет приведение к предпочитаемому типу (но только среди других типов той же категории), когда это может помочь разрешить имя перегруженной функции или оператора. За дополнительными подробностями обратитесь к

Главе 10. Если для типа не определено неявное приведение к какому-либо другому типу или обратное, для этих параметров достаточно оставить значения по умолчанию. Однако если есть группа связанных типов, для которых определены неявные приведения, часто бывает полезно пометить их все как принадлежащие некоторой категории и назначить один или два «наиболее общих» предпочитаемыми в этой категории. Параметр *категория* особенно полезен при добавлении типа, определённого пользователем, в существующую встроенную категорию, например, в категорию числовых или строковых типов. Однако так же возможно создать категории типов, полностью определённые пользователем. В качестве имени такой категории можно выбрать любой ASCII-символ, кроме латинской заглавной буквы.

Если пользователь хочет назначить столбцам с этим типом данных значение по умолчанию, отличное от NULL, он может задать его в этой команде, указав его после ключевого слова `DEFAULT`. (Такое значение по умолчанию можно переопределить явным предложением `DEFAULT`, добавленным при создании столбца.)

Чтобы обозначить, что тип является массивом, укажите тип элементов массива, добавив ключевое слово `ELEMENT`. Например, чтобы определить массив из четырёхбайтовых целых (`int4`), укажите `ELEMENT = int4`. Дополнительные сведения о типах массивов приведены ниже.

Параметр *delimiter* позволяет задать разделитель, который будет вставляться между значениями во внешнем представлении массива с элементами этого типа. По умолчанию разделителем является запятая (,). Заметьте, что разделитель связывается с типом элементов массива, а не с типом самого массива.

Если необязательный логический параметр *сортируемый* равен `true`, определения столбцов и выражения с этим типом могут включать указания о порядке сортировки, в предложении `COLLATE`. Как именно будут использоваться эти указания, зависит от реализации функций, работающих с этим типом; эти указания не действуют автоматически просто от того, что тип помечен как сортируемый.

Типы массивов

При создании любого нового типа PostgreSQL автоматически создаёт соответствующий тип массива, имя которого он получает, добавляя подчёркивание перед именем типа элементов. Если полученное имя оказывается не короче `NAMEDATALEN` байт, оно усекается. (Если полученное таким образом имя конфликтует с именем уже существующего типа, процесс повторяется, пока не будет получено уникальное имя.) Этот неявно создаваемый тип массива имеет переменную длину и использует встроенные функции ввода и вывода `array_in` и `array_out`. Тип массива отражает любые изменения владельца или схемы связанного типа элемента и удаляется сам при удалении типа элемента.

Вы можете вполне резонно спросить, зачем нужен параметр `ELEMENT`, если система создаёт правильный тип массива автоматически. Единственный случай, когда параметр `ELEMENT` может быть полезен, это когда вы создаёте тип фиксированной длины, который внутри оказывается массивом одинаковых элементов, и вы хотите, чтобы к этим элементам можно было обращаться по индексу, помимо того, что вы можете реализовать какие угодно операции с типом в целом. Например, тип `point` представлен просто как два числа с плавающей точкой, к которым можно обратиться так: `point[0]` и `point[1]`. Заметьте, что это работает только с типами фиксированной длины, которые представляют собой в точности последовательность одинаковых полей фиксированной длины. Тип массива переменной длины должен иметь обобщённое внутреннее представление, с которым умеют работать `array_in` и `array_out`. По историческим причинам (т. е. это определённо некорректно, но менять уже слишком поздно), индексы в массивах фиксированной длины начинаются с нуля, а не с 1, как в массивах переменной длины.

Параметры

имя

Имя создаваемого типа (возможно, дополненное схемой).

имя_атрибута

Имя атрибута (столбца) составного типа.

тип_данных

Имя существующего типа данных, который станет типом столбца составного типа.

правило_сортировки

Имя существующего правила сортировки, связываемого со столбцом составного типа или с типом-диапазоном.

метка

Строковая константа, представляющая текстовую метку, связанную с отдельным значением типа-перечисления.

подтип

Имя типа элемента, множество значений которого будет представлять тип-диапазон.

класс_оператора_подтипа

Имя класса операторов В-дерева для подтипа.

каноническая_функция

Имя функции канонизации для типа-диапазона.

функция_разницы_подтипа

Имя функции разницы для значений подтипа.

функция_ввода

Имя функции, преобразующей данные из внешнего текстового представления типа во внутреннюю форму.

функция_вывода

Имя функции, преобразующей данные из внутренней формы во внешнее текстовое представление типа.

функция_получения

Имя функции, преобразующей данные из внешнего двоичного представления типа во внутреннюю форму.

функция_отправки

Имя функции, преобразующей данные из внутренней формы во внешнее двоичное представление типа.

функция_ввода_модификатора_типа

Имя функции, преобразующей массив модификаторов типа во внутреннюю форму.

функция_вывода_модификатора_типа

Имя функции, преобразующей внутреннюю форму модификаторов типа во внешнее текстовое представление.

функция_анализа

Имя функции, производящей статистический анализ типа данных.

внутр_длина

Числовая константа, задающая размер внутреннего представления нового типа в байтах. По умолчанию предполагается, что тип имеет переменную длину.

выравнивание

Требуемое выравнивание для типа данных. Допустимые значения этого параметра, если он указывается: `char`, `int2`, `int4` или `double`; по умолчанию подразумевается `int4`.

хранение

Стратегия хранения для типа данных. Допустимые значения этого параметра, если он указывается: `plain`, `external`, `extended` или `main`; по умолчанию подразумевается `plain`.

тип_образец

Имя существующего типа данных, от которого новый тип получит свойства представления. Из этого типа будут скопированы значения параметров *internallength*, *passedbyvalue*, *alignment* и *storage*, если их не переопределят явные указания, заданные дополнительно в этой команде `CREATE TYPE`.

категория

Код категории (один символ ASCII) для этого типа. По умолчанию подразумевается `'U'` (что означает пользовательский тип, «User-defined»). Коды других стандартных категорий можно найти в Таблице 52.63. Для нестандартных категорий можно выбрать другие ASCII-символы.

предпочитаемый

Если значение этого параметра равно `true`, создаваемый тип будет предпочитаемым в своей категории. По умолчанию подразумевается `false`. Будьте очень осторожны, создавая новый предпочитаемый тип в существующей категории, так как это может поменять поведение выражений неожиданным образом.

по_умолчанию

Значение по умолчанию для создаваемого типа данных. Если не указано, значением по умолчанию будет `NULL`.

элемент

Создаваемый тип будет массивом; этот параметр определяет тип элементов массива.

разделитель

Символ, разделяющий значения в массивах, образованных из значений создаваемого типа.

сортируемый

Если значение этого параметра равно `true`, в операциях с создаваемым типом может учитываться информация о правилах сортировки. По умолчанию подразумевается `false`.

Замечания

Так как на использование типа данных после создания не накладываются ограничения, объявление базового типа или типа-диапазона по сути даёт всем право на выполнение функций, упомянутых в определении типа. Обычно это не проблема для таких функций, какие бывают полезны в определении типов. Но прежде чем создать тип, преобразование которого во внешнюю форму и обратно будет использовать «секретную» информацию, стоит подумать дважды.

В PostgreSQL до версии 8.3 имя генерируемого типа-массива всегда образовалось из имени типа элемента и добавленного спереди символа подчёркивания (`_`). (Таким образом, допустимая максимальная длина имени типа была на символ меньше, чем длины других имён.) Хотя и сейчас имя типа массива чаще всего образуется таким образом, оно может быть и другим в случае достиже-

ния максимальной длины или конфликтов с именами пользовательских типов, начинающихся с подчёркивания. Поэтому полагаться на это соглашение в коде не рекомендуется. Вместо этого, имя типа массива, связанного с данным типом, следует определять по значению `pg_type.typarray`.

Вообще же можно посоветовать не использовать имена типов и таблиц, начинающиеся с подчёркивания. Хотя сервер сможет сгенерировать другое имя, не конфликтующее с пользовательским, некоторая путаница всё же возможна, особенно со старыми клиентскими приложениями, которые могут полагать, что имя типа, начинающееся с подчёркивания, всегда относится к типу массива.

В PostgreSQL до версии 8.2 у `CREATE TYPE name` отсутствовала форма для создания типа-пустышки. Поэтому для создания нового базового типа требовалось сначала создать функцию ввода. При таком подходе PostgreSQL воспринимал тип возврата функции ввода как имя нового типа данных и неявно создавал тип-пустышку, на который затем можно было ссылаться в определениях остальных функций ввода/вывода. Этот подход по-прежнему работает, но считается устаревшим и может быть запрещён в будущих версиях. Кроме того, во избежание непреднамеренного заполнения каталогов типами-пустышками, появляющимися в результате простых опечаток в определении функций, тип-пустышка будет создаваться таким образом, только если функция ввода написана на C.

В PostgreSQL до версии 7.3 было принято вовсе не создавать тип-пустышку, заменяя в определении функций ссылки на ещё не созданный тип именем псевдотипа `opaque`. Аргументы `cstring` и результаты так же должны были объявляться как `opaque` до версии 7.3. Для поддержки загрузки старых файлов экспорта БД, `CREATE TYPE` примет ссылки на функции ввода/вывода, объявленные с типом `opaque`, но при этом выдаст замечание и изменит в объявлении функции псевдотип на правильный.

Примеры

В этом примере создаётся составной тип, а затем он используется в определении функции:

```
CREATE TYPE compfoo AS (f1 int, f2 text);

CREATE FUNCTION getfoo() RETURNS SETOF compfoo AS $$
    SELECT fooid, fooname FROM foo
$$ LANGUAGE SQL;
```

В этом примере создаётся тип-перечисление, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE bug_status AS ENUM ('new', 'open', 'closed');

CREATE TABLE bug (
    id serial,
    description text,
    status bug_status
);
```

В этом примере создаётся тип-диапазон:

```
CREATE TYPE float8_range AS RANGE (subtype = float8, subtype_diff = float8mi);
```

В следующем примере создаётся базовый тип данных `box`, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE box;

CREATE FUNCTION my_box_in_function(cstring) RETURNS box AS ... ;
CREATE FUNCTION my_box_out_function(box) RETURNS cstring AS ... ;

CREATE TYPE box (
    INTERNALLENGTH = 16,
    INPUT = my_box_in_function,
    OUTPUT = my_box_out_function
```

```
);  
  
CREATE TABLE myboxes (  
    id integer,  
    description box  
);
```

Если бы внутренней структурой `box` был массив из четырёх элементов `float4`, вместо этого можно было бы использовать определение:

```
CREATE TYPE box (  
    INTERNALLENGTH = 16,  
    INPUT = my_box_in_function,  
    OUTPUT = my_box_out_function,  
    ELEMENT = float4  
);
```

В таком случае к числам, составляющим значение этого типа, можно было бы обращаться по индексу. В остальном поведение этого типа будет таким же.

В этом примере создаётся тип большого объекта, а затем он используется в определении таблицы:

```
CREATE TYPE bigobj (  
    INPUT = lo_filein, OUTPUT = lo_fileout,  
    INTERNALLENGTH = VARIABLE  
);  
CREATE TABLE big_objs (  
    id integer,  
    obj bigobj  
);
```

Другие примеры, в том числе демонстрирующие подходящие функции ввода/вывода, можно найти в Разделе 38.12.

Совместимость

Первая форма команды `CREATE TYPE`, создающая составной тип, соответствует стандарту SQL. Другие формы являются расширениями PostgreSQL. Для оператора `CREATE TYPE` в стандарте SQL также определены другие формы, не реализованные в PostgreSQL.

Возможность создавать составной тип без атрибутов — специфическое отклонение PostgreSQL от стандарта (как и аналогичная особенность команды `CREATE TABLE`).

См. также

`ALTER TYPE`, `CREATE DOMAIN`, `CREATE FUNCTION`, `DROP TYPE`

CREATE USER

CREATE USER — создать роль в базе данных

Синтаксис

```
CREATE USER имя [ [ WITH ] параметр [ ... ] ]
```

Здесь *параметр*:

```
SUPERUSER | NOSUPERUSER
| CREATEDB | NOCREATEDB
| CREATEROLE | NOCREATEROLE
| INHERIT | NOINHERIT
| LOGIN | NOLOGIN
| REPLICATION | NOREPLICATION
| BYPASSRLS | NOBYPASSRLS
| CONNECTION LIMIT предел_подключений
| [ ENCRYPTED ] PASSWORD 'пароль'
| VALID UNTIL 'дата_время'
| IN ROLE имя_роли [, ...]
| IN GROUP имя_роли [, ...]
| ROLE имя_роли [, ...]
| ADMIN имя_роли [, ...]
| USER имя_роли [, ...]
| SYSID uid
```

Описание

Команда CREATE USER теперь является просто синонимом CREATE ROLE. Единственное отличие в том, что для команды, записанной в виде CREATE USER, по умолчанию подразумевается LOGIN, а в виде CREATE ROLE подразумевается NOLOGIN.

Совместимость

Оператор CREATE USER является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

CREATE ROLE

CREATE USER MAPPING

CREATE USER MAPPING — создать сопоставление пользователя для стороннего сервера

Синтаксис

```
CREATE USER MAPPING [ IF NOT EXISTS ] FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER |  
PUBLIC }  
    SERVER имя_сервера  
    [ OPTIONS ( параметр 'значение' [ , ... ] ) ]
```

Описание

CREATE USER MAPPING создаёт сопоставление пользователя на внешнем сервере. Сопоставление пользователя обычно содержит информацию о подключении, которую будет использовать обёртка сторонних данных вместе с информацией о стороннем сервере для получения доступа к внешнему ресурсу.

Владелец стороннего сервера может создать сопоставление для любых пользователей на этом сервере. Кроме того, пользователь может создать сопоставление для своего собственного имени пользователя, если он наделён правом USAGE на данном сервере.

Параметры

IF NOT EXISTS

Не считать ошибкой, если сопоставление данного пользователя для данного стороннего сервера уже существует. В этом случае будет выдано замечание. Заметьте, что нет никакой гарантии, что существующее сопоставление как-то соотносится с тем, которое могло бы быть создано.

имя_пользователя

Имя существующего пользователя, для которого создаётся сопоставление на стороннем сервере. Ключевые слова CURRENT_USER и USER обозначают имя текущего пользователя. Если указывается PUBLIC, создаётся так называемое общее сопоставление, которое будет использоваться при отсутствии сопоставления для конкретного пользователя.

имя_сервера

Имя существующего сервера, для которого создаётся сопоставление пользователя.

OPTIONS (*параметр* '*значение*' [, ...])

В этом предложении задаются параметры сопоставления. Эти параметры обычно определяют фактическое имя и пароль пользователя на целевом сервере. Имена параметров должны быть уникальными. Набор допустимых имён и значений параметров определяется обёрткой сторонних данных внешнего сервера.

Примеры

Создание сопоставления для пользователя bob на сервере foo:

```
CREATE USER MAPPING FOR bob SERVER foo OPTIONS (user 'bob', password 'secret');
```

Совместимость

CREATE USER MAPPING соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED).

См. также

ALTER USER MAPPING, DROP USER MAPPING, CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, CREATE SERVER

CREATE VIEW

CREATE VIEW — создать представление

Синтаксис

```
CREATE [ OR REPLACE ] [ TEMP | TEMPORARY ] [ RECURSIVE ] VIEW имя [ ( имя_столбца  
[ , ... ] ) ]  
[ WITH ( имя_параметра_представления [= значение_параметра_представления]  
[ , ... ] ) ]  
AS запрос  
[ WITH [ CASCADED | LOCAL ] CHECK OPTION ]
```

Описание

CREATE VIEW создаёт представление запроса. Создаваемое представление лишено физической материализации, поэтому указанный запрос будет выполняться при каждом обращении к представлению.

Команда CREATE OR REPLACE VIEW действует подобным образом, но если представление с этим именем уже существует, оно заменяется. Новый запрос должен выдавать те же столбцы, что выдавал запрос, ранее определённый для этого представления (то есть, столбцы с такими же именами должны иметь те же типы данных и следовать в том же порядке), но может добавить несколько новых столбцов в конце списка. Вычисления, в результате которых формируются столбцы представления, могут быть совершенно другими.

Если задано имя схемы (например, CREATE VIEW myschema.myview ...), представление создаётся в указанной схеме, в противном случае — в текущей. Временные представления существуют в специальной схеме, так что при создании таких представлений имя схемы задать нельзя. Имя представления должно отличаться от имён других представлений, таблиц, последовательностей, индексов или сторонних таблиц в этой схеме.

Параметры

TEMPORARY или TEMP

С таким указанием представление создаётся как временное. Временные представления автоматически удаляются в конце сеанса. Существующее постоянное представление с тем же именем не будет видно в текущем сеансе, пока существует временное, однако к нему можно обратиться, дополнив имя указанием схемы.

Если в определении представления задействованы временные таблицы, представление так же создаётся как временное (вне зависимости от присутствия явного указания TEMPORARY).

RECURSIVE

Создаёт рекурсивное представление. Синтаксис

```
CREATE RECURSIVE VIEW [ схема . ] имя (имена_столбцов) AS SELECT ...;
```

равнозначен

```
CREATE VIEW [ схема . ] имя AS WITH RECURSIVE имя (имена_столбцов) AS (SELECT ...)  
SELECT имена_столбцов FROM имя;
```

Для рекурсивного представления обязательно должен задаваться список с именами столбцов.

имя

Имя создаваемого представления (возможно, дополненное схемой).

имя_столбца

Необязательный список имён, назначаемых столбцам представления. Если отсутствует, имена столбцов формируются из результатов запроса.

WITH (*имя_параметра_представления* [= *значение_параметра_представления*] [, ...])

В этом предложении могут задаваться следующие необязательные параметры представления:

`check_option (string)`

Этот параметр может принимать значение `local` (локально) или `cascaded` (каскадно) и равнозначен указанию WITH [`CASCADED` | `LOCAL`] `CHECK OPTION` (см. ниже). Изменить этот параметр у существующего представления с помощью `ALTER VIEW` нельзя.

`security_barrier (boolean)`

Этот параметр следует использовать, если представление должно обеспечивать безопасность на уровне строк. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 41.5.

запрос

Команда `SELECT` или `VALUES`, которая выдаёт столбцы и строки представления.

WITH [`CASCADED` | `LOCAL`] `CHECK OPTION`

Это указание управляет поведением автоматически изменяемых представлений. Если оно присутствует, при выполнении операций `INSERT` и `UPDATE` с этим представлением будет проверяться, удовлетворяют ли новые строки условию, определяющему представление (то есть, проверяется, будут ли новые строки видны через это представление). Если они не удовлетворяют условию, операция не будет выполнена. Если указание `CHECK OPTION` отсутствует, команды `INSERT` и `UPDATE` смогут создавать в этом представлении строки, которые не будут видны в нём. Поддерживаются следующие варианты проверки:

`LOCAL`

Новые строки проверяются только по условиям, определённым непосредственно в самом представлении. Любые условия, определённые в нижележащих базовых представлениях, не проверяются (если только в них нет указания `CHECK OPTION`).

`CASCADED`

Новые строки проверяются по условиям данного представления и всех нижележащих базовых. Если указано `CHECK OPTION`, а `LOCAL` и `CASCADED` опущено, подразумевается указание `CASCADED`.

Указание `CHECK OPTION` нельзя использовать с рекурсивными представлениями.

Заметьте, что `CHECK OPTION` поддерживается только для автоматически изменяемых представлений, не имеющих триггеров `INSTEAD OF` и правил `INSTEAD`. Если автоматически изменяемое представление определено поверх базового представления с триггерами `INSTEAD OF`, то для проверки ограничений автоматически изменяемого представления можно применить указание `LOCAL CHECK OPTION`, хотя условия базового представления с триггерами `INSTEAD OF` при этом проверяться не будут (каскадная проверка не будет спускаться к представлению, модифицируемому триггером, и любые параметры проверки, определённые для такого представления, будут просто игнорироваться). Если для представления или любого из его базовых отношений определено правило `INSTEAD`, приводящее к перезаписи команды `INSERT` или `UPDATE`, в перезаписанном запросе все параметры проверки будут игнорироваться, в том числе проверки автоматически изменяемых представлений, определённых поверх отношений с правилом `INSTEAD`.

Замечания

Для удаления представлений применяется оператор `DROP VIEW`.

Позаботьтесь о том, чтобы столбцы представления получили желаемые имена и типы. Например, такая команда:

```
CREATE VIEW vista AS SELECT 'Hello World';
```

плоха тем, что именем столбца по умолчанию будет `?column?`, а типом данных — `text`; и это может быть не совсем то, чего вы хотите. Лучше записывать строковую константу в результате представления примерно так:

```
CREATE VIEW vista AS SELECT text 'Hello World' AS hello;
```

Доступ к таблицам, задействованным в представлении, определяется правами владельца представления. В некоторых случаях это позволяет организовать безопасный, но ограниченный доступ к нижележащим таблицам. Однако учтите, что не все представления могут быть защищёнными; за подробностями обратитесь к Разделу 41.5. Функции, вызываемые в представлении, выполняются так, как будто они вызываются непосредственно из запроса, обращающегося к представлению. Поэтому пользователь представления должен иметь все права, необходимые для вызова всех функций, задействованных в представлении.

При выполнении `CREATE OR REPLACE VIEW` для существующего представления меняется только правило `SELECT`, определяющее представление. Другие свойства представления, включая владельца, права и правила, кроме `SELECT`, остаются неизменными. Чтобы изменить определение представления, необходимо быть его владельцем (или членом роли-владельца).

Изменяемые представления

Простые представления становятся изменяемыми автоматически: система позволит выполнять команды `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` с таким представлением так же, как и с обычной таблицей. Представление будет автоматически изменяемым, если оно удовлетворяет одновременно всем следующим условиям:

- Список `FROM` в запросе, определяющем представлении, должен содержать ровно один элемент, и это должна быть таблица или другое изменяемое представление.
- Определение представления не должно содержать предложения `WITH`, `DISTINCT`, `GROUP BY`, `HAVING`, `LIMIT` и `OFFSET` на верхнем уровне запроса.
- Определение представления не должно содержать операции с множествами (`UNION`, `INTERSECT` и `EXCEPT`) на верхнем уровне запроса.
- Список выборки в запросе не должен содержать агрегатные и оконные функции, а также функции, возвращающие множества.

Автоматически обновляемое представление может содержать как изменяемые, так и не изменяемые столбцы. Столбец будет изменяемым, если это простая ссылка на изменяемый столбец нижележащего базового отношения; в противном случае, этот столбец будет доступен только для чтения, и если команда `INSERT` или `UPDATE` попытается записать значение в него, возникнет ошибка.

Если представление автоматически изменяемое, система будет преобразовывать обращающиеся к нему операторы `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` в соответствующие операторы, обращающиеся к нижележащему базовому отношению. При этом в полной мере поддерживаются операторы `INSERT` с предложением `ON CONFLICT UPDATE`.

Если автоматически изменяемое представление содержит условие `WHERE`, это условие ограничивает набор строк, которые могут быть изменены командой `UPDATE` и удалены командой `DELETE` в этом представлении. Однако `UPDATE` может изменить строку так, что она больше не будет соответствовать условию `WHERE` и, как следствие, больше не будет видна через представление. Команда `INSERT` подобным образом может вставить в базовое отношение строки, которые не удовлетворяют условию `WHERE` и поэтому не будут видны через представление (`ON CONFLICT UPDATE` может подобным образом воздействовать на существующую строку, не видимую через представление). Чтобы запретить командам `INSERT` и `UPDATE` создавать такие строки, которые не видны через представление, можно воспользоваться указанием `CHECK OPTION`.

Если автоматически изменяемое представление имеет свойство `security_barrier` (барьер безопасности), то все условия `WHERE` этого представления (и все условия с герметичными операторами (`LEAKPROOF`)) будут всегда вычисляться перед условиями, добавленными пользователем представления. За подробностями обратитесь к Разделу 41.5. Заметьте, что по этой причине строки, которые в конце концов не были выданы (потому что не прошли проверку в пользовательском условии `WHERE`), могут всё же остаться заблокированными. Чтобы определить, какие условия применяются на уровне отношения (и, как следствие, избавляют часть строк от блокировки), можно воспользоваться командой `EXPLAIN`.

Более сложные представления, не удовлетворяющие этим условиям, по умолчанию доступны только для чтения: система не позволит выполнить операции добавления, изменения или удаления строк в таком представлении. Создать эффект изменяемого представления для них можно, определив триггеры `INSTEAD OF`, которые будут преобразовывать запросы на изменение данных в соответствующие действия с другими таблицами. За дополнительными сведениями обратитесь к `CREATE TRIGGER`. Так же есть возможность создавать правила (см. `CREATE RULE`), но на практике триггеры проще для понимания и применения.

Учтите, что пользователь, выполняющий операции добавления, изменения или удаления данных в представлении, должен иметь соответствующие права для этого представления. Кроме того, владелец представления должен иметь сопутствующие права в нижележащих базовых отношениях, хотя пользователь, собственно выполняющий эти операции, может этих прав не иметь (см. Раздел 41.5).

Примеры

Создание представления, содержащего все комедийные фильмы:

```
CREATE VIEW comedies AS
  SELECT *
  FROM films
  WHERE kind = 'Comedy';
```

Эта команда создаст представление со столбцами, которые содержались в таблице `film` в момент выполнения команды. Хотя при создании представления было указано `*`, столбцы, добавляемые в таблицу позже, частью представления не будут.

Создание представления с указанием `LOCAL CHECK OPTION`:

```
CREATE VIEW universal_comedies AS
  SELECT *
  FROM comedies
  WHERE classification = 'U'
  WITH LOCAL CHECK OPTION;
```

Эта команда создаст представление на базе представления `comedies`, выдающее только комедии (`kind = 'Comedy'`) универсальной возрастной категории `classification = 'U'`. Любая попытка выполнить в представлении `INSERT` или `UPDATE` со строкой, не удовлетворяющей условию `classification = 'U'`, будет отвергнута, но ограничение по полю `kind` (тип фильма) проверяться не будет.

Создание представления с указанием `CASCADED CHECK OPTION`:

```
CREATE VIEW pg_comedies AS
  SELECT *
  FROM comedies
  WHERE classification = 'PG'
  WITH CASCADED CHECK OPTION;
```

Это представление будет проверять, удовлетворяют ли новые строки обоим условиям: по столбцу `kind` и по столбцу `classification`.

Создание представления с изменяемыми и неизменяемыми столбцами:

```
CREATE VIEW comedies AS
  SELECT f.*,
         country_code_to_name(f.country_code) AS country,
         (SELECT avg(r.rating)
          FROM user_ratings r
          WHERE r.film_id = f.id) AS avg_rating
  FROM films f
  WHERE f.kind = 'Comedy';
```

Это представление будет поддерживать операции INSERT, UPDATE и DELETE. Изменяемыми будут все столбцы из таблицы films, тогда как вычисляемые столбцы country и avg_rating будут доступны только для чтения.

Создание рекурсивного представления, содержащего числа от 1 до 100:

```
CREATE RECURSIVE VIEW public.nums_1_100 (n) AS
  VALUES (1)
 UNION ALL
  SELECT n+1 FROM nums_1_100 WHERE n < 100;
```

Заметьте, что несмотря на то, что имя рекурсивного представления дополнено схемой в этой команде CREATE, внутренняя ссылка представления на себя же схемой не дополняется. Это связано с тем, что имя неявно создаваемого CTE не может дополняться схемой.

Совместимость

Команда CREATE OR REPLACE VIEW — языковое расширение PostgreSQL. Так же расширением является предложение WITH (...) и концепция временного представления.

См. также

ALTER VIEW, DROP VIEW, CREATE MATERIALIZED VIEW

DEALLOCATE

DEALLOCATE — освободить подготовленный оператор

Синтаксис

```
DEALLOCATE [ PREPARE ] { имя | ALL }
```

Описание

DEALLOCATE применяется для освобождения ранее подготовленного оператора SQL. Если не освободить подготовленный оператор явно, он будет освобождён при завершении сеанса.

За дополнительными сведениями о подготовленных операторах обратитесь к PREPARE.

Параметры

PREPARE

Это ключевое слово игнорируется.

имя

Имя подготовленного оператора, подлежащего освобождению.

ALL

Освобождает все подготовленные операторы.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор DEALLOCATE, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL.

См. также

EXECUTE, PREPARE

DECLARE

DECLARE — определить курсор

Синтаксис

```
DECLARE имя [ BINARY ] [ INSENSITIVE ] [ [ NO ] SCROLL ]  
CURSOR [ { WITH | WITHOUT } HOLD ] FOR запрос
```

Описание

Оператор DECLARE позволяет пользователю создавать курсоры, с помощью которых можно выбирать по очереди некоторое количество строк из результата большого запроса. Когда курсор создан, через него можно получать строки, применяя команду FETCH.

Примечание

На этой странице описывается применение курсоров на уровне команд SQL. Если вы попытаетесь использовать курсоры внутри функции PL/pgSQL, правила будут другими — см. Раздел 43.7.

Параметры

имя

Имя создаваемого курсора.

BINARY

Курсор с таким свойством возвращает данные в двоичном, а не текстовом формате.

INSENSITIVE

Указывает, что данные, считываемые из курсора, не должны зависеть от изменений, которые могут происходить в нижележащих таблицах после создания курсора. В PostgreSQL это поведение подразумевается по умолчанию, так что это ключевое слово ни на что не влияет и принимается только для совместимости со стандартом SQL.

SCROLL

NO SCROLL

Указание SCROLL определяет, что курсор может прокручивать набор данных и получать строки непоследовательно (например, в обратном порядке). В зависимости от сложности плана запроса указание SCROLL может отрицательно отразиться на скорости выполнения запроса. Указание NO SCROLL, напротив, определяет, что через курсор нельзя будет получать строки в произвольном порядке. По умолчанию прокрутка в некоторых случаях разрешается; но это не равнозначно эффекту указания SCROLL. За подробностями обратитесь к Разделу «Замечания».

WITH HOLD

WITHOUT HOLD

Указание WITH HOLD определяет, что курсор можно продолжать использовать после успешной фиксации создавшей его транзакции. WITHOUT HOLD определяет, что курсор нельзя будет использовать за рамками транзакции, создавшей его. Если не указано ни WITHOUT HOLD, ни WITH HOLD, по умолчанию подразумевается WITHOUT HOLD.

запрос

Команда SELECT или VALUES, выдающая строки, которые будут получены через курсор.

Ключевые слова `BINARY`, `INSENSITIVE` и `SCROLL` могут указываться в любом порядке.

Замечания

Обычный курсор выдаёт данные в текстовом виде, в каком их выдаёт `SELECT`. Однако с указанием `BINARY` курсор может выдавать их и в двоичном формате. Это упрощает операции преобразования данных для сервера и клиента, за счёт дополнительных усилий, требующихся от программиста для работы с платформозависимыми двоичными форматами. Например, если запрос получает значение 1 из целочисленного столбца, обычный курсор выдаст строку, содержащую 1, тогда как через двоичный курсор будет получено четырёхбайтовое поле, содержащее внутреннее представление значения (с сетевым порядком байтов).

Двоичные курсоры должны применяться с осмотрительностью. Многие приложения, в том числе `psql`, не приспособлены к работе с двоичными курсорами и ожидают, что данные будут поступать в текстовом формате.

Примечание

Когда клиентское приложение выполняет команду `FETCH`, используя протокол «расширенных запросов», в сообщении `Bind` этого протокола указывается, в каком формате, текстовом или двоичном, должны быть получены данные. Это указание переопределяет свойство курсора, заданное в его объявлении. Таким образом, концепция курсора, объявляемого двоичным, становится устаревшей при использовании протокола расширенных запросов — любой курсор может быть прочитан как текстовый или двоичный.

Если в команде объявления курсора не указано `WITH HOLD`, созданный ей курсор может использоваться только в текущей транзакции. Таким образом, оператор `DECLARE` без `WITH HOLD` бесполезен вне блока транзакции: курсор будет существовать только до завершения этого оператора. Поэтому PostgreSQL сообщает об ошибке, если такая команда выполняется вне блока транзакции. Чтобы определить блок транзакции, примените команды `BEGIN` и `COMMIT` (или `ROLLBACK`).

Если в объявлении курсора указано `WITH HOLD` и транзакция, создавшая курсор, успешно фиксируется, к этому курсору могут продолжать обращаться последующие транзакции в этом сеансе. (Но если создавшая курсор транзакция прерывается, курсор уничтожается.) Курсор со свойством `WITH HOLD` (удерживаемый) может быть закрыт явно, командой `CLOSE`, либо неявно, по завершении сеанса. В текущей реализации строки, представляемые удерживаемым курсором, копируются во временный файл или в область памяти, так что они остаются доступными для следующих транзакций.

Объявить курсор со свойством `WITH HOLD` можно, только если запрос не содержит указаний `FOR UPDATE` и `FOR SHARE`.

Указание `SCROLL` добавляется при определении курсора, который будет выбирать данные в обратном порядке. Это поведение требуется стандартом SQL. Однако для совместимости с предыдущими версиями, PostgreSQL допускает выборку в обратном направлении и без указания `SCROLL`, если план запроса курсора достаточно прост, чтобы реализовать прокрутку назад без дополнительных операций. Тем не менее, разработчикам приложений не следует рассчитывать на то, что курсор, созданный без указания `SCROLL`, можно будет прокручивать назад. С указанием `NO SCROLL` прокрутка назад запрещается в любом случае.

Выборка в обратном направлении также запрещается, если запрос содержит указания `FOR UPDATE` и `FOR SHARE`; в этом случае указание `SCROLL` не принимается.

Внимание

Прокручиваемые и удерживаемые (`WITH HOLD`) курсоры могут выдавать неожиданные результаты, если они вызывают изменчивые функции (см. Раздел 38.7). Когда повторно выбирается ранее прочитанная строка, функции могут вызываться снова и выдавать

результаты, отличные от полученных в первый раз. Один из способов обойти эту проблему — объявить курсор с указанием `WITH HOLD` и зафиксировать транзакцию, прежде чем читать из него какие-либо строки. В этом случае весь набор данных курсора будет материализован во временном хранилище, так что изменчивые функции будут выполнены для каждой строки лишь единожды.

Если запрос в определении курсора включает указания `FOR UPDATE` или `FOR SHARE`, возвращаемые курсором строки блокируются в момент первой выборки, так же, как это происходит при выполнении `SELECT` с этими указаниями. Кроме того, при чтении строк будут возвращаться их наиболее актуальные версии; таким образом, с этими указаниями курсор будет вести себя как «чувствительный курсор», определённый в стандарте SQL. (Указать `INSENSITIVE` для курсора с запросом `FOR UPDATE` или `FOR SHARE` нельзя.)

Внимание

Обычно рекомендуется использовать `FOR UPDATE`, если курсор предназначен для применения в командах `UPDATE ... WHERE CURRENT OF` и `DELETE ... WHERE CURRENT OF`. Указание `FOR UPDATE` предотвращает изменение строк другими сеансами после того, как они были считаны, и до того, как выполнится команда. Без `FOR UPDATE` последующая команда с `WHERE CURRENT OF` не сработает, если строка будет изменена после создания курсора.

Ещё одна причина использовать указание `FOR UPDATE` в том, что без него последующие команды с `WHERE CURRENT OF` могут выдать ошибку, если запрос курсора не удовлетворяет оговоренному в стандарте SQL критерию «простой изменяемости» (в частности, курсор должен ссылаться только на одну таблицу и не должен использовать группировку и сортировку (`ORDER BY`)). Курсоры, не удовлетворяющие этому критерию, могут работать либо не работать, в зависимости от конкретного выбранного плана; так что в худшем случае приложение может работать в тестовой, но сломается в производственной среде. С указанием `FOR UPDATE` курсор гарантированно будет изменяемым.

Не использовать же `FOR UPDATE` для команд с `WHERE CURRENT OF` в основном имеет смысл, только если требуется получить прокручиваемый курсор или курсор, не отражающий последующие изменения (то есть, продолжающий показывать прежние данные). Если это действительно необходимо, обязательно учтите при реализации приведённые выше замечания.

В стандарте SQL механизм курсоров предусмотрен только для встраиваемого SQL. Сервер PostgreSQL не реализует для курсоров оператор `OPEN`; курсор считается открытым при объявлении. Однако ECPG, встраиваемый препроцессор SQL для PostgreSQL, следует соглашениям стандарта, в том числе поддерживая для курсоров операторы `DECLARE` и `OPEN`.

Получить список всех доступных курсоров можно, обратившись к системному представлению `pg_cursors`.

Примеры

Объявление курсора:

```
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;
```

Другие примеры использования курсора можно найти в `FETCH`.

Совместимость

В стандарте SQL говорится, что чувствительность курсоров к параллельному обновлению нижележащих данных по умолчанию определяется реализацией. В PostgreSQL курсоры по умолчанию

нечувствительные, а чувствительными их можно сделать с помощью указания `FOR UPDATE`. Другие СУБД могут работать иначе.

Стандарт SQL допускает курсоры только во встраиваемом SQL и в модулях. PostgreSQL позволяет использовать курсоры интерактивно.

Двоичные курсоры являются расширением PostgreSQL.

См. также

CLOSE, FETCH, MOVE

DELETE

DELETE — удалить записи таблицы

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]
DELETE FROM [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним ]
    [ USING список_USING ]
    [ WHERE условие | WHERE CURRENT OF имя_курсора ]
    [ RETURNING * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] [, ...] ]
```

Описание

Команда DELETE удаляет из указанной таблицы строки, удовлетворяющие условию WHERE. Если предложение WHERE отсутствует, она удаляет из таблицы все строки, в результате будет получена рабочая, но пустая таблица.

Подсказка

TRUNCATE реализует более быстрый механизм удаления всех строк из таблицы.

Удалить строки в таблице, используя информацию из других таблиц в базе данных, можно двумя способами: применяя вложенные запросы или указав дополнительные таблицы в предложении USING. Выбор предпочитаемого варианта зависит от конкретных обстоятельств.

Предложение RETURNING указывает, что команда DELETE должна вычислить и вернуть значения для каждой фактически удалённой строки. Вычислить в нём можно любое выражение со столбцами целевой таблицы и/или столбцами других таблиц, упомянутых в USING. Список RETURNING имеет тот же синтаксис, что и список результатов SELECT.

Чтобы удалять данные из таблицы, необходимо иметь право DELETE для неё, а также право SELECT для всех таблиц, перечисленных в предложении USING, и таблиц, данные которых считываются в условии.

Параметры

запрос_WITH

Предложение WITH позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно сослаться по имени в запросе DELETE. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и SELECT.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, из которой будут удалены строки. Если перед именем таблицы добавлено ONLY, соответствующие строки удаляются только из указанной таблицы. Без ONLY строки будут также удалены из всех таблиц, унаследованных от указанной. При желании, после имени таблицы можно указать *, чтобы явно обозначить, что операция затрагивает все дочерние таблицы.

псевдоним

Альтернативное имя целевой таблицы. Когда указывается это имя, оно полностью скрывает фактическое имя таблицы. Например, в запросе DELETE FROM foo AS f дополнительные компоненты оператора DELETE должны обращаться к целевой таблице по имени f, а не foo.

список_USING

Список табличных выражений, позволяющий добавлять в условие WHERE столбцы из других таблиц. Он подобен списку таблиц, который можно задать в предложении «Предложение FROM»

оператора `SELECT`; например, в нём можно определить псевдоним для таблицы. Целевую таблицу повторять в *списке_USING* нужно, только если требуется определить замкнутое соединение.

условие

Выражение, возвращающее значение типа `boolean`. Удалены будут только те строки, для которых это выражение возвращает `true`.

имя_курсора

Имя курсора, который будет использоваться в условии `WHERE CURRENT OF`. С таким условием будет удалена строка, выбранная из этого курсора последней. Курсор должен образовываться запросом, не применяющим группировку, к целевой таблице команды `DELETE`. Заметьте, что `WHERE CURRENT OF` нельзя задать вместе с булевым условием. За дополнительными сведениями об использовании курсоров с `WHERE CURRENT OF` обратитесь к `DECLARE`.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой `DELETE` после удаления каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы* или таблиц, перечисленных в списке `USING`. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать `*`.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `DELETE` возвращает метку команды в виде

`DELETE число`

Здесь *число* — количество удалённых строк. Заметьте, что это число может быть меньше числа строк, соответствующих *условию*, если удаления были подавлены триггером `BEFORE DELETE`. Если *число* равно 0, это означает, что запрос не удалил ни одной строки (это не считается ошибкой).

Если команда `DELETE` содержит предложение `RETURNING`, её результат будет похож на результат оператора `SELECT` (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке `RETURNING`), полученный для строк, удалённых этой командой.

Замечания

PostgreSQL позволяет ссылаться на столбцы других таблиц в условии `WHERE`, когда эти таблицы перечисляются в предложении `USING`. Например, удалить все фильмы определённого продюсера можно так:

```
DELETE FROM films USING producers
WHERE producer_id = producers.id AND producers.name = 'foo';
```

По сути в этом запросе выполняется соединение таблиц `films` и `producers`, и все успешно включённые в соединение строки в `films` помечаются для удаления. Этот синтаксис не соответствует стандарту. Следуя стандарту, эту задачу можно решить так:

```
DELETE FROM films
WHERE producer_id IN (SELECT id FROM producers WHERE name = 'foo');
```

В ряде случаев запрос в стиле соединения легче написать и он может работать быстрее, чем в стиле вложенного запроса.

Примеры

Удаление всех фильмов, кроме мюзиклов:

```
DELETE FROM films WHERE kind <> 'Musical';
```

Очистка таблицы `films`:

```
DELETE FROM films;
```

Удаление завершённых задач с получением всех данных удалённых строк:

```
DELETE FROM tasks WHERE status = 'DONE' RETURNING *;
```

Удаление из `tasks` строки, на которой в текущий момент располагается курсор `c_tasks`:

```
DELETE FROM tasks WHERE CURRENT OF c_tasks;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но предложения `USING` и `RETURNING` являются расширениями PostgreSQL, как и возможность использовать `WITH` с `DELETE`.

См. также

TRUNCATE

DISCARD

DISCARD — очистить состояние сеанса

Синтаксис

```
DISCARD { ALL | PLANS | SEQUENCES | TEMPORARY | TEMP }
```

Описание

DISCARD высвобождает внутренние ресурсы, связанные с сеансом использования базы данных. Эта команда полезна для частичного или полного сброса состояния сеанса. Для освобождения различных типов ресурсов она поддерживает несколько разных подкоманд; вариант DISCARD ALL включает в себя все остальные и также сбрасывает дополнительное состояние.

Параметры

PLANS

Высвобождает все кешированные планы запросов, вынуждая сервер провести планирование заново при следующем использовании связанного подготовленного оператора.

SEQUENCES

Сбрасывает кешированное состояние, связанное с последовательностями, включая внутреннюю информацию `currval()/lastval()` и любые предварительно выделенные значения последовательностей, которые ещё не выдала функция `nextval()`. (Кеширование значений последовательности описано в CREATE SEQUENCE.)

TEMPORARY или TEMP

Удаляет все временные таблицы, созданные в текущем сеансе.

ALL

Высвобождает все временные ресурсы, связанные с текущим сеансом, и сбрасывает сеанс к начальному состоянию. В настоящее время действует так же, как и следующая последовательность операторов:

```
SET SESSION AUTHORIZATION DEFAULT;  
RESET ALL;  
DEALLOCATE ALL;  
CLOSE ALL;  
UNLISTEN *;  
SELECT pg_advisory_unlock_all();  
DISCARD PLANS;  
DISCARD SEQUENCES;  
DISCARD TEMP;
```

Замечания

DISCARD ALL нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Совместимость

DISCARD является расширением PostgreSQL.

DO

DO — выполнить анонимный блок кода

Синтаксис

```
DO [ LANGUAGE имя_языка ] код
```

Описание

DO выполняет анонимный блок кода или, другими словами, разовую анонимную функцию на процедурном языке.

Блок кода воспринимается, как если бы это было тело функции, которая не имеет параметров и возвращает `void`. Этот код разбирается и выполняется один раз.

Необязательное предложение `LANGUAGE` можно записать до или после блока кода.

Параметры

код

Выполняемый код на процедурном языке. Он должен задаваться в виде текстовой строки (её рекомендуется заключать в доллары), как и код в `CREATE FUNCTION`.

имя_языка

Имя процедурного языка, на котором написан код. По умолчанию подразумевается `plpgsql`.

Замечания

Применяемый процедурный язык должен быть уже зарегистрирован в текущей базе с помощью команды `CREATE EXTENSION`. По умолчанию зарегистрирован только `plpgsql`, но не другие языки.

Пользователь должен иметь право `USAGE` для данного процедурного языка, либо быть суперпользователем, если этот язык недоверенный. Такие же требования действуют и при создании функции на этом языке.

Если команда `DO` исполняется в блоке транзакции, код процедуры не может вызывать операторы управления транзакциями. Такие операторы допускаются, только если `DO` выполняется в отдельной транзакции.

Примеры

Следующий код даст все права для всех представлений в схеме `public` роли `webuser`:

```
DO $$DECLARE r record;
BEGIN
    FOR r IN SELECT table_schema, table_name FROM information_schema.tables
              WHERE table_type = 'VIEW' AND table_schema = 'public'
    LOOP
        EXECUTE 'GRANT ALL ON ' || quote_ident(r.table_schema) || '.' ||
quote_ident(r.table_name) || ' TO webuser';
    END LOOP;
END$$;
```

Совместимость

Оператор `DO` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE LANGUAGE

DROP ACCESS METHOD

DROP ACCESS METHOD — удалить метод доступа

Синтаксис

```
DROP ACCESS METHOD [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP ACCESS METHOD удаляет существующий метод доступа. Удалять методы доступа разрешено только суперпользователям.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если метод доступа не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего метода доступа.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного метода доступа (например, классы и семейства операторов, а также индексы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении метода доступа, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление метода доступа heptree:

```
DROP ACCESS METHOD heptree;
```

Совместимость

DROP ACCESS METHOD является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE ACCESS METHOD

DROP AGGREGATE

DROP AGGREGATE — удалить агрегатную функцию

Синтаксис

```
DROP AGGREGATE [ IF EXISTS ] имя ( сигнатура_агр_функции ) [ , ... ] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Здесь *сигнатура_агр_функции*:

```
* |  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |  
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY  
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

DROP AGGREGATE удаляет существующую агрегатную функцию. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем агрегатной функции.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если агрегатная функция не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей агрегатной функции (возможно, дополненное схемой).

режим_аргумента

Режим аргумента: IN или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле DROP AGGREGATE не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации агрегатной функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип входных данных, с которыми работает агрегатная функция. Чтобы сослаться на агрегатную функцию без аргументов, укажите вместо списка аргументов *, а чтобы сослаться на сортирующую агрегатную функцию, добавьте ORDER BY между указаниями непосредственных и агрегируемых аргументов.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной агрегатной функции (например, использующие её представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении агрегатной функции, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Замечания

Альтернативные варианты указания сортирующих агрегатов описаны в ALTER AGGREGATE.

Примеры

Удаление агрегатной функции `myavg` для типа `integer`:

```
DROP AGGREGATE myavg(integer);
```

Удаление гипотезирующей агрегатной функции `myrank`, которая принимает произвольный список сортируемых столбцов и соответствующий список непосредственных аргументов:

```
DROP AGGREGATE myrank(VARIADIC "any" ORDER BY VARIADIC "any");
```

Удаление нескольких агрегатных функций одной командой:

```
DROP AGGREGATE myavg(integer), myavg(bigint);
```

Совместимость

Оператор `DROP AGGREGATE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER AGGREGATE`, `CREATE AGGREGATE`

DROP CAST

DROP CAST — удалить приведение типа

Синтаксис

```
DROP CAST [ IF EXISTS ] (исходный_тип AS целевой_тип) [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP CAST удаляет ранее определённое приведение типа.

Чтобы удалить приведение, необходимо быть владельцем исходного или целевого типа данных. Такие же требования действуют и при создании приведения.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если приведение не существует. В этом случае будет выдано замечание.

исходный_тип

Имя исходного типа данных для приведения.

целевой_тип

Имя целевого типа данных для приведения.

CASCADE

RESTRICT

Эти ключевые слова игнорируются, так как от приведений не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление приведения типа `text` к типу `int`:

```
DROP CAST (text AS int);
```

Совместимость

Команда DROP CAST соответствует стандарту SQL.

См. также

CREATE CAST

DROP COLLATION

DROP COLLATION — удалить правило сортировки

Синтаксис

```
DROP COLLATION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP COLLATION удаляет ранее определённое правило сортировки. Чтобы удалить правило сортировки, необходимо быть его владельцем.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если правило сортировки не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя правила сортировки, возможно, дополненное схемой.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного правила сортировки, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении правила сортировки, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление правила сортировки с именем `german`:

```
DROP COLLATION german;
```

Совместимость

Команда DROP COLLATION соответствует стандарту SQL, за исключением параметра IF EXISTS, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

ALTER COLLATION, CREATE COLLATION

DROP CONVERSION

DROP CONVERSION — удалить преобразование

Синтаксис

```
DROP CONVERSION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP CONVERSION удаляет ранее определённое преобразование. Чтобы удалить преобразование, необходимо быть его владельцем.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если преобразование не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя преобразования, возможно, дополненное схемой.

CASCADE

RESTRICT

Эти ключевые слова игнорируются, так как от преобразований не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление преобразования с именем myname:

```
DROP CONVERSION myname;
```

Совместимость

Оператор DROP CONVERSION отсутствует в стандарте SQL, хотя в нём есть оператор DROP TRANSLATION, сопутствующий оператору CREATE TRANSLATION, который, в свою очередь, подобен CREATE CONVERSION в PostgreSQL.

См. также

ALTER CONVERSION, CREATE CONVERSION

DROP DATABASE

DROP DATABASE — удалить базу данных

Синтаксис

```
DROP DATABASE [ IF EXISTS ] имя
```

Описание

Оператор `DROP DATABASE` удаляет базу данных. Он удаляет из каталогов записи, относящиеся к базе данных, а также удаляет каталог, содержащий данные. Выполнить эту команду может только владелец базы данных. Кроме того, удалить базу нельзя, пока к ней подключены вы или кто-то ещё. (Чтобы выполнить эту команду, подключитесь к `postgres` или любой другой базе данных.)

Действие команды `DROP DATABASE` нельзя отменить. Используйте её с осторожностью!

Параметры

`IF EXISTS`

Не считать ошибкой, если база данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя базы данных, подлежащей удалению.

Замечания

`DROP DATABASE` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Эту команду нельзя выполнить, если установлено подключение к удаляемой базе данных. Поэтому может быть удобнее вместо неё использовать программу `dropdb`, которая сама вызывает эту команду внутри.

Совместимость

Оператор `DROP DATABASE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CREATE DATABASE`

DROP DOMAIN

DROP DOMAIN — удалить домен

Синтаксис

```
DROP DOMAIN [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP DOMAIN удаляет домен. Удалить домен может только его владелец.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если домен не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего домена (возможно, дополненное схемой).

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного домена (например, столбцы таблиц), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении домена, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление домена box:

```
DROP DOMAIN box;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, за исключением параметра IF EXISTS, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE DOMAIN, ALTER DOMAIN

DROP EVENT TRIGGER

DROP EVENT TRIGGER — удалить событийный триггер

Синтаксис

```
DROP EVENT TRIGGER [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP EVENT TRIGGER удаляет существующий событийный триггер. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем событийного триггера.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если событийный триггер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя событийного триггера, подлежащего удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении триггера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление триггера `snitch`:

```
DROP EVENT TRIGGER snitch;
```

Совместимость

Оператор DROP EVENT TRIGGER отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE EVENT TRIGGER, ALTER EVENT TRIGGER

DROP EXTENSION

DROP EXTENSION — удалить расширение

Синтаксис

```
DROP EXTENSION [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP EXTENSION удаляет расширения из базы данных. При удалении расширения также удаляются все составляющие его объекты.

Чтобы выполнить DROP EXTENSION, необходимо быть владельцем расширения.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если расширение не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя установленного расширения.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного расширения, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении расширения, если от него зависят какие-либо объекты (кроме объектов, составляющих его, и других расширений, перечисленных в той же команде DROP). Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление расширения hstore из текущей базы данных.

```
DROP EXTENSION hstore;
```

Эта команда не будет выполнена, если какие-либо объекты из hstore будут задействованы, например, если в какой-либо таблице окажется столбец типа hstore. Чтобы принудительно удалить и эти зависимые объекты, необходимо добавить параметр CASCADE.

Совместимость

DROP EXTENSION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE EXTENSION, ALTER EXTENSION

DROP FOREIGN DATA WRAPPER

DROP FOREIGN DATA WRAPPER — удалить обёртку сторонних данных

Синтаксис

```
DROP FOREIGN DATA WRAPPER [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP FOREIGN DATA WRAPPER удаляет существующую обёртку сторонних данных. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем обёртки.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если обёртка сторонних данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей обёртки сторонних данных.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной обёртки сторонних данных (например, сторонние таблицы и серверы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении обёртки сторонних данных, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление обёртки сторонних данных dbi:

```
DROP FOREIGN DATA WRAPPER dbi;
```

Совместимость

DROP FOREIGN DATA WRAPPER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение IF EXISTS является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, ALTER FOREIGN DATA WRAPPER

DROP FOREIGN TABLE

DROP FOREIGN TABLE — удалить стороннюю таблицу

Синтаксис

```
DROP FOREIGN TABLE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP FOREIGN TABLE удаляет стороннюю таблицу. Удалить стороннюю таблицу может только её владелец.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если сторонняя таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) сторонней таблицы, подлежащей удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной сторонней таблицы (например, представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении сторонней таблицы, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление двух сторонних таблиц, `films` и `distributors`:

```
DROP FOREIGN TABLE films, distributors;
```

Совместимость

Эта команда соответствует ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED), но возможность удалять в одной команде несколько таблиц и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER FOREIGN TABLE, CREATE FOREIGN TABLE

DROP FUNCTION

DROP FUNCTION — удалить функцию

Синтаксис

```
DROP FUNCTION [ IF EXISTS ] имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента  
] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]  
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP FUNCTION удаляет определение существующей функции. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем функции. Помимо имени функции требуется указать типы её аргументов, так как в базе данных могут существовать несколько функций с одним именем, но с разными списками аргументов.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если функция не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей функции (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя функции должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Заметьте, что DROP FUNCTION не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле DROP FUNCTION не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов функции (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной функции (например, операторы или триггеры), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении функции, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет функцию, вычисляющую квадратный корень:

```
DROP FUNCTION sqrt(integer);
```

Удаление нескольких функций одной командой:

```
DROP FUNCTION sqrt(integer), sqrt(bigint);
```

Если имя функции уникально в её схеме, на неё можно сослаться без списка аргументов:

```
DROP FUNCTION update_employee_salaries;
```

Заметьте, что это отличается от

```
DROP FUNCTION update_employee_salaries();
```

Данная форма ссылается на функцию с нулём аргументов, тогда как первый вариант подходит для функции с любым числом аргументов, в том числе и с нулём, если имя функции уникально.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена следующими расширениями PostgreSQL:

- Стандарт допускает удаление в одной команде только одной функции.
- Указание `IF EXISTS`
- Возможность указывать режимы и имена аргументов

См. также

`CREATE FUNCTION`, `ALTER FUNCTION`, `DROP PROCEDURE`, `DROP ROUTINE`

DROP GROUP

DROP GROUP — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP GROUP [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

DROP GROUP теперь является синонимом оператора DROP ROLE.

Совместимость

Оператор DROP GROUP отсутствует в стандарте SQL.

См. также

DROP ROLE

DROP INDEX

DROP INDEX — удалить индекс

Синтаксис

```
DROP INDEX [ CONCURRENTLY ] [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP INDEX удаляет существующий индекс из базы данных. Выполнить эту команду может только владелец индекса.

Параметры

CONCURRENTLY

С этим указанием индекс удаляется, не блокируя параллельные операции выборки, добавления, изменения и удаления данных в таблице индекса. Обычный оператор DROP INDEX запрашивает исключительную блокировку для таблицы, запрещая другим обращаться к ней до завершения удаления. Если же добавлено это указание, команда, напротив, будет ждать завершения конфликтующих транзакций.

Применяя это указание, надо учитывать несколько особенностей. В частности, при этом можно задать имя только одного индекса, а параметр CASCADE не поддерживается. (Таким образом, индекс, поддерживающий ограничение UNIQUE или PRIMARY KEY, так удалить нельзя.) Кроме того, обычную команду DROP INDEX можно выполнить в блоке транзакции, а DROP INDEX CONCURRENTLY — нет.

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если индекс не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) индекса, подлежащего удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного индекса, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении индекса, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удалит индекс title_idx:

```
DROP INDEX title_idx;
```

Совместимость

DROP INDEX является языковым расширением PostgreSQL. Средства обеспечения индексов в стандарте SQL не описаны.

См. также

CREATE INDEX

DROP LANGUAGE

DROP LANGUAGE — удалить процедурный язык

Синтаксис

```
DROP [ PROCEDURAL ] LANGUAGE [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP LANGUAGE удаляет определение ранее зарегистрированного процедурного языка. Выполнить DROP LANGUAGE может только владелец языка или суперпользователь.

Примечание

Начиная с PostgreSQL 9.1, большинство процедурных языков были преобразованы в «расширения», так что теперь их следует удалять командами DROP EXTENSION, а не DROP LANGUAGE.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если язык не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего процедурного языка. В целях обратной совместимости имя можно заключить в апострофы.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного языка (например, функции на этом языке), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении языка, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет процедурный язык `plsample`:

```
DROP LANGUAGE plsample;
```

Совместимость

Оператор DROP LANGUAGE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER LANGUAGE, CREATE LANGUAGE

DROP MATERIALIZED VIEW

DROP MATERIALIZED VIEW — удалить материализованное представление

Синтаксис

```
DROP MATERIALIZED VIEW [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP MATERIALIZED VIEW удаляет существующее материализованное представление. Выполнить эту команду может только владелец материализованного представления.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если материализованное представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) материализованного представления, подлежащего удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного материализованного представления (например, другие материализованные или обычные представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении материализованного представления, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет материализованное представление с именем `order_summary`:

```
DROP MATERIALIZED VIEW order_summary;
```

Совместимость

DROP MATERIALIZED VIEW — расширение PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, ALTER MATERIALIZED VIEW, REFRESH MATERIALIZED VIEW

DROP OPERATOR

DROP OPERATOR — удалить оператор

Синтаксис

```
DROP OPERATOR [ IF EXISTS ] имя ( { тип_слева | NONE } , { тип_справа | NONE } )  
[ , ... ] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP OPERATOR удаляет существующий оператор из базы данных. Выполнить эту команду может только владелец оператора.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если оператор не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего оператора (возможно, дополненное схемой).

тип_слева

Тип данных левого операнда оператора; если у оператора нет левого операнда, укажите NONE.

тип_справа

Тип данных правого операнда оператора; если у оператора нет правого операнда, укажите NONE.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного оператора (например, использующие его представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении оператора, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление оператора возведения в степень a^b для типа integer:

```
DROP OPERATOR ^ (integer, integer);
```

Удаление левого унарного оператора двоичного дополнения $\sim b$ для типа bit:

```
DROP OPERATOR ~ (none, bit);
```

Удаление правого унарного оператора вычисления факториала $x!$ для типа bigint:

```
DROP OPERATOR ! (bigint, none);
```

Удаление нескольких операторов одной командой:

```
DROP OPERATOR ~ (none, bit), ! (bigint, none);
```

Совместимость

Команда DROP OPERATOR отсутствует в стандарте SQL.

См. также

CREATE OPERATOR, ALTER OPERATOR

DROP OPERATOR CLASS

DROP OPERATOR CLASS — удалить класс операторов

Синтаксис

```
DROP OPERATOR CLASS [ IF EXISTS ] имя USING метод_индекса [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP OPERATOR CLASS удаляет существующий класс операторов. Выполнить эту команду может только владелец класса операторов.

DROP OPERATOR CLASS не удаляет операторы или функции, связанные с этим классом. Если же существуют индексы, зависящие от этого класса, класс будет удалён успешно (вместе с индексами), только если добавить указание CASCADE.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если класс операторов не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего класса операторов (возможно, дополненное схемой).

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначен этот класс операторов.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного класса операторов (например, использующие его индексы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении класса операторов, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Замечания

DROP OPERATOR CLASS не удалит семейство операторов, содержавшее этот класс, даже если в этом семействе больше ничего не останется (в том числе, если семейство было неявно создано командой CREATE OPERATOR CLASS). Пустое семейство операторов безвредно, но порядка ради затем следует удалить и его, командой DROP OPERATOR FAMILY; или, возможно, выполнить DROP OPERATOR FAMILY в первую очередь.

Примеры

Удаление класса операторов B-дерева с именем widget_ops:

```
DROP OPERATOR CLASS widget_ops USING btree;
```

Эта команда не будет выполнена, если в базе существуют индексы, использующие этот класс. Чтобы удалить такие индексы вместе с классом операторов, нужно добавить указание CASCADE.

Совместимость

Команда DROP OPERATOR CLASS отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR FAMILY

DROP OPERATOR FAMILY

DROP OPERATOR FAMILY — удалить семейство операторов

Синтаксис

```
DROP OPERATOR FAMILY [ IF EXISTS ] имя USING метод_индекса [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP OPERATOR FAMILY удаляет существующее семейство операторов. Выполнить эту команду может только владелец семейства операторов.

DROP OPERATOR FAMILY удаляет также все классы операторов, содержащиеся в семействе, но не удаляет связанные с ним операторы или функции. Если от классов операторов, содержащихся в семействе, зависят какие-либо индексы, семейство будет удалено успешно (вместе с классами и индексами), только если добавить указание CASCADE.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если семейство операторов не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего семейства операторов.

метод_индекса

Имя индексного метода, для которого предназначено это семейство операторов.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного семейства операторов, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении семейства операторов, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление семейства операторов B-дерева с именем float_ops:

```
DROP OPERATOR FAMILY float_ops USING btree;
```

Эта команда не будет выполнена, если в базе существуют индексы, использующие классы операторов из этого семейства. Чтобы удалить такие индексы вместе с семейством операторов, нужно добавить указание CASCADE.

Совместимость

Команда DROP OPERATOR FAMILY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER OPERATOR FAMILY, CREATE OPERATOR FAMILY, ALTER OPERATOR CLASS, CREATE OPERATOR CLASS, DROP OPERATOR CLASS

DROP OWNED

DROP OWNED — удалить объекты базы данных, принадлежащие роли

Синтаксис

```
DROP OWNED BY { имя | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP OWNED удаляет в текущей базе данных все объекты, принадлежащие любой из указанных ролей. Кроме того, эти роли лишаются всех прав, которые они имели для объектов текущей базы данных и общих объектов (баз данных, табличных пространств).

Параметры

имя

Имя роли, все объекты которой будут уничтожены, а права отозваны.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от каждого затрагиваемого объекта, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении объектов, принадлежащих роли, если от каких-либо из них зависят другие объекты в базе данных. Это поведение по умолчанию.

Замечания

DROP OWNED часто применяется при подготовке к удалению одной или нескольких ролей. Так как команда DROP OWNED затрагивает объекты только в текущей базе данных, обычно её нужно выполнять в каждой базе данных, которая содержит объекты, принадлежащие удаляемой роли.

С указанием CASCADE эта команда может рекурсивно удалить объекты, принадлежащие и другим пользователям.

Команда DROP OWNED даёт альтернативную возможность — удалить все объекты базы данных, принадлежащие одной или нескольким ролям. Однако DROP OWNED не затрагивает права, назначенные для других объектов.

Базы данных и табличные пространства, принадлежащие указанным ролям, эта команда не удаляет.

За подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Совместимость

Команда DROP OWNED — расширение PostgreSQL.

См. также

REASSIGN OWNED, DROP ROLE

DROP POLICY

DROP POLICY — удалить политику защиты на уровне строк для таблицы

Синтаксис

```
DROP POLICY [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP POLICY удаляет указанную политику из таблицы. Заметьте, что если из таблицы удаляется последняя политика, а в таблице продолжает действовать защита на уровне строк (включённая командой ALTER TABLE), будет применена политика запрета по умолчанию. Отключить защиту на уровне строк для таблицы можно с помощью команды ALTER TABLE ... DISABLE ROW LEVEL SECURITY, независимо от того, определены ли политики для этой таблицы или нет.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если политика не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя политики, подлежащей удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, к которой применяется эта политика.

CASCADE

RESTRICT

Эти ключевые слова игнорируются, так как от политик не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление политики p1 из таблицы my_table:

```
DROP POLICY p1 ON my_table;
```

Совместимость

DROP POLICY является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE POLICY, ALTER POLICY

DROP PROCEDURE

DROP PROCEDURE — удалить процедуру

Синтаксис

```
DROP PROCEDURE [ IF EXISTS ] имя [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ) ] [, ...]  
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP PROCEDURE удаляет определение существующей процедуры. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем процедуры. Помимо имени процедуры требуется указать типы её аргументов, так как в базе данных могут существовать несколько процедур с одним именем, но с разными списками аргументов.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если процедура не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей процедуры (возможно, дополненное схемой). Если список аргументов не указан, имя процедуры должно быть уникальным в её схеме.

режим_аргумента

Режим аргумента: IN или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN.

имя_аргумента

Имя аргумента. Заметьте, что на самом деле DROP PROCEDURE не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации процедуры достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргументов процедуры (возможно, дополненный именем схемы), если таковые имеются.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной процедуры, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении процедуры, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

```
DROP PROCEDURE do_db_maintenance();
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена расширениями PostgreSQL:

- Стандарт позволяет удалять с помощью этой команды только одну процедуру.

- Указание IF EXISTS
- Возможность указывать режимы и имена аргументов

См. также

CREATE PROCEDURE, ALTER PROCEDURE, DROP FUNCTION, DROP ROUTINE

DROP PUBLICATION

DROP PUBLICATION — удалить публикацию

Синтаксис

```
DROP PUBLICATION [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP PUBLICATION удаляет существующую публикацию из базы данных.

Удалить публикацию может только её владелец или суперпользователь.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если публикация не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующей публикации.

CASCADE

RESTRICT

Эти ключевые слова игнорируются, так как от публикаций не зависят никакие объекты.

Примеры

Удаление публикации:

```
DROP PUBLICATION mypublication;
```

Совместимость

DROP PUBLICATION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE PUBLICATION, ALTER PUBLICATION

DROP ROLE

DROP ROLE — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP ROLE [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

DROP ROLE удаляет указанные роли. Удалить роль суперпользователя может только суперпользователь, а чтобы удалить роль обычного пользователя, достаточно иметь право CREATEROLE.

Если на эту роль есть ссылки в какой-либо базе данных в кластере, возникнет ошибка и роль не будет удалена. Прежде чем удалять роль, необходимо удалить все принадлежащие ей объекты (или сменить их владельца), а также лишить её данных ей прав для других объектов. Для этой цели можно применить команды REASSIGN OWNED и DROP OWNED; за подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Однако ликвидировать членство в ролях, связанное с этой ролью, не требуется; DROP ROLE автоматически исключит данную роль из других ролей, и третьи роли из данной. Сами роли при этом не удаляются и другим образом никак не затрагиваются.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если роль не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя роли, подлежащей удалению.

Замечания

PostgreSQL включает программу dropuser, которая предоставляет ту же функциональность (на самом деле она вызывает эту команду), но может запускаться в командной оболочке.

Примеры

Удаление роли:

```
DROP ROLE jonathan;
```

Совместимость

В стандарте SQL определена команда DROP ROLE, но она может удалять только по одной роли, а для её выполнения требуются другие права, не такие как в PostgreSQL.

См. также

CREATE ROLE, ALTER ROLE, SET ROLE

DROP ROUTINE

DROP ROUTINE — удалить подпрограмму

Синтаксис

```
DROP ROUTINE [ IF EXISTS ] имя [ ( [ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]  
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP ROUTINE удаляет определение существующей подпрограммы, которой может быть обычная функция, агрегат или процедура. Описание параметров, дополнительные примеры и подробности приведены в описаниях DROP AGGREGATE, DROP FUNCTION и DROP PROCEDURE.

Примеры

Удаление подпрограммы `foo` для типа `integer`:

```
DROP ROUTINE foo(integer);
```

Эта команда будет работать независимо от того, является ли `foo` агрегатом, функцией или процедурой.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но дополнена следующими расширениями PostgreSQL:

- Стандарт позволяет удалять с помощью этой команды только одну подпрограмму.
- Указание `IF EXISTS`
- Возможность указывать режимы и имена аргументов
- Поддержка агрегатных функций.

См. также

DROP AGGREGATE, DROP FUNCTION, DROP PROCEDURE, ALTER ROUTINE

Заметьте, что также отсутствует команда `CREATE ROUTINE`.

DROP RULE

DROP RULE — удалить правило перезаписи

Синтаксис

```
DROP RULE [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP RULE удаляет правило перезаписи.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если правило не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя правила, подлежащего удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы (или представления), к которой применяется это правило.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного правила, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении правила, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление правила перезаписи newrule:

```
DROP RULE newrule ON mytable;
```

Совместимость

DROP RULE является языковым расширением PostgreSQL, как и вся система перезаписи запросов.

См. также

CREATE RULE, ALTER RULE

DROP SCHEMA

DROP SCHEMA — удалить схему

Синтаксис

```
DROP SCHEMA [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP SCHEMA удаляет схемы из базы данных.

Схему может удалить только её владелец или суперпользователь. Заметьте, что владелец может удалить схему (вместе со всеми содержащимися в ней объектами), даже если он не владеет некоторыми объектами в своей схеме.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если схема не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя схемы.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, содержащиеся в этой схеме (таблицы, функции и т. д.), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении схемы, если она содержит какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Замечания

С указанием CASCADE эта команда может удалить объекты не только в данной схеме, но и в других.

Примеры

Удаление схемы `mystuff` из базы данных вместе со всем, что в ней содержится:

```
DROP SCHEMA mystuff CASCADE;
```

Совместимость

Команда `DROP SCHEMA` полностью соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько схем и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER SCHEMA, CREATE SCHEMA

DROP SEQUENCE

DROP SEQUENCE — удалить последовательность

Синтаксис

```
DROP SEQUENCE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP SEQUENCE удаляет генераторы числовых последовательностей. Удалить последовательность может только её владелец или суперпользователь.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если последовательность не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя последовательности (возможно, дополненное схемой).

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной последовательности, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении последовательности, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление последовательности serial:

```
DROP SEQUENCE serial;
```

Совместимость

DROP SEQUENCE соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько последовательностей и указание IF EXISTS являются расширениями PostgreSQL.

См. также

CREATE SEQUENCE, ALTER SEQUENCE

DROP SERVER

DROP SERVER — удалить описание стороннего сервера

Синтаксис

```
DROP SERVER [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP SERVER удаляет существующее описание стороннего сервера. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем сервера.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если сервер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя существующего сервера.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении сервера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление определения сервера `foo`, если оно существует:

```
DROP SERVER IF EXISTS foo;
```

Совместимость

DROP SERVER соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение IF EXISTS является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SERVER, ALTER SERVER

DROP STATISTICS

DROP STATISTICS — удалить расширенную статистику

Синтаксис

```
DROP STATISTICS [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

DROP STATISTICS удаляет объект(ы) статистики из базы данных. Удалить объект статистики может только владелец объекта, владелец схемы или суперпользователь.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если объект статистики не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) объекта статистики, подлежащего удалению.

Примеры

Удаление двух объектов статистики в разных схемах (если эти объекты отсутствуют, ошибки не будет):

```
DROP STATISTICS IF EXISTS
    accounting.users_uid_creation,
    public.grants_user_role;
```

Совместимость

Оператор DROP STATISTICS отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER STATISTICS, CREATE STATISTICS

DROP SUBSCRIPTION

DROP SUBSCRIPTION — удалить подписку

Синтаксис

```
DROP SUBSCRIPTION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP SUBSCRIPTION удаляет подписку из кластера баз данных.

Удалить подписку может только суперпользователь.

Команду DROP SUBSCRIPTION нельзя выполнять в блоке транзакции, если подписка связана со слотом репликации. (Для освобождения слота можно использовать ALTER SUBSCRIPTION.)

Параметры

имя

Имя подписки, подлежащей удалению.

CASCADE

RESTRICT

Эти ключевые слова игнорируются, так как от подписок не зависят никакие объекты.

Замечания

При удалении подписки, связанной со слотом репликации на удалённом узле (это типичная ситуация), команда DROP SUBSCRIPTION подключится к удалённому узлу и попытается удалить слот репликации в ходе этой операции. Это необходимо для освобождения ресурсов, выделенных для подписки на удалённом узле. Если при этом происходит сбой, либо из-за недоступности удалённого узла, либо из-за ошибки при удалении слота репликации, либо вообще из-за его отсутствия, команда DROP SUBSCRIPTION прерывается. Для разрешения этой ситуации разорвите связь подписки с этим слотом репликации, выполнив команду ALTER SUBSCRIPTION ... SET (slot_name = NONE). После этого команда DROP SUBSCRIPTION не будет пытаться выполнять какие-либо действия на удалённом узле. Заметьте, что если удалённый слот репликации фактически продолжает существовать, его нужно будет удалить вручную; в противном случае для него будет по-прежнему сохраняться WAL, что в конце концов может привести к переполнению диска. См. также Подраздел 31.2.1.

Если подписка связана со слотом репликации, команду DROP SUBSCRIPTION нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Примеры

Удаление подписки:

```
DROP SUBSCRIPTION mysub;
```

Совместимость

DROP SUBSCRIPTION является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE SUBSCRIPTION, ALTER SUBSCRIPTION

DROP TABLE

DROP TABLE — удалить таблицу

Синтаксис

```
DROP TABLE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TABLE удаляет таблицы из базы данных. Удалить таблицу может только её владелец, владелец схемы или суперпользователь. Чтобы опустошить таблицу, не удаляя её саму, вместо этой команды следует использовать DELETE или TRUNCATE.

DROP TABLE всегда удаляет все индексы, правила, триггеры и ограничения, существующие в целевой таблице. Однако, чтобы удалить таблицу, на которую ссылается представление или ограничение внешнего ключа в другой таблице, необходимо дополнительно указать CASCADE. (С указанием CASCADE зависимое представление будет удалено полностью, но в случае с первичным ключом удалено будет только само ограничение, а не таблица, к которой оно относится.)

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если таблица не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, подлежащей удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной таблицы (например, представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении таблицы, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление таблиц films и distributors:

```
DROP TABLE films, distributors;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько таблиц и указание IF EXISTS являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER TABLE, CREATE TABLE

DROP TABLESPACE

DROP TABLESPACE — удалить табличное пространство

Синтаксис

```
DROP TABLESPACE [ IF EXISTS ] имя
```

Описание

DROP TABLESPACE удаляет табличное пространство из системы.

Удалить табличное пространство может только его владелец или суперпользователь. Перед удалением его необходимо очистить от всех объектов базы данных. Даже если в текущей базе данных не будет ни одного объекта, находящегося в этом пространстве, в нём вполне могут оставаться объекты других баз данных. Кроме того, если табличное пространство указано в списке `temp_tablespaces` любого активного сеанса, команда DROP может завершиться ошибкой, если в этом пространстве окажутся временные файлы.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если табличное пространство не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя табличного пространства.

Замечания

DROP TABLESPACE не может быть выполнена в блоке транзакции.

Примеры

Удаление табличного пространства `mystuff` из системы:

```
DROP TABLESPACE mystuff;
```

Совместимость

DROP TABLESPACE является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE TABLESPACE, ALTER TABLESPACE

DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION

DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION — удалить конфигурацию текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION удаляет существующую конфигурацию текстового поиска. Выполнить эту команду может только владелец конфигурации.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если конфигурация текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей конфигурации текстового поиска.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной конфигурации текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении конфигурации текстового поиска, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление конфигурации текстового поиска `my_english`:

```
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION my_english;
```

Эта команда не будет выполнена, если какие-либо индексы ссылаются на эту конфигурацию в вызовах `to_tsvector`. Чтобы удалить такие индексы вместе с конфигурацией, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION`, `CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION`

DROP TEXT SEARCH DICTIONARY

DROP TEXT SEARCH DICTIONARY — удалить словарь текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TEXT SEARCH DICTIONARY удаляет существующий словарь текстового поиска. Выполнить эту команду может только владелец словаря.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если словарь текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего словаря текстового поиска.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного словаря текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении словаря текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удалить словарь текстового поиска english:

```
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY english;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют конфигурации текстового поиска, использующие этот словарь. Чтобы удалить такие конфигурации вместе со словарём, следует добавить указание CASCADE.

Совместимость

Оператор DROP TEXT SEARCH DICTIONARY отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY

DROP TEXT SEARCH PARSER

DROP TEXT SEARCH PARSER — удалить анализатор текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH PARSER [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TEXT SEARCH PARSER удаляет существующий анализатор текстового поиска. Выполнить эту команду может только суперпользователь.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если анализатор текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего анализатора текстового поиска.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного анализатора текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении анализатора текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление анализатора текстового поиска `my_parser`:

```
DROP TEXT SEARCH PARSER my_parser;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют конфигурации текстового поиска, использующие это анализатор. Чтобы удалить такие конфигурации вместе с анализатором, следует добавить указание `CASCADE`.

Совместимость

Оператор `DROP TEXT SEARCH PARSER` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ALTER TEXT SEARCH PARSER`, `CREATE TEXT SEARCH PARSER`

DROP TEXT SEARCH TEMPLATE

DROP TEXT SEARCH TEMPLATE — удалить шаблон текстового поиска

Синтаксис

```
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE [ IF EXISTS ] имя [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TEXT SEARCH TEMPLATE удаляет существующий шаблон текстового поиска. Выполнить эту команду может только суперпользователь.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если шаблон текстового поиска не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующего шаблона текстового поиска.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного шаблона текстового поиска, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении шаблона текстового поиска, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление шаблона текстового поиска thesaurus:

```
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE thesaurus;
```

Эта команда не будет выполнена, если существуют словари текстового поиска, использующие этот шаблон. Чтобы удалить такие словари вместе с шаблоном, следует добавить указание CASCADE.

Совместимость

Оператор DROP TEXT SEARCH TEMPLATE отсутствует в стандарте SQL.

См. также

ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE

DROP TRANSFORM

DROP TRANSFORM — удалить трансформацию

Синтаксис

```
DROP TRANSFORM [ IF EXISTS ] FOR имя_типа LANGUAGE имя_языка [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TRANSFORM удаляет ранее определённую трансформацию.

Чтобы удалить трансформацию, необходимо быть владельцем типа и языка. Такие же требования действуют и при создании трансформации.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если трансформация не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя_типа

Имя типа данных, для которого предназначена трансформация.

имя_языка

Имя языка, для которого предназначена трансформация.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данной трансформации, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении трансформации, если от неё зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление трансформации для типа `hstore` и языка `plpythonu`:

```
DROP TRANSFORM FOR hstore LANGUAGE plpythonu;
```

Совместимость

Эта форма DROP TRANSFORM является расширением PostgreSQL. За подробностями обратитесь к описанию CREATE TRANSFORM.

См. также

CREATE TRANSFORM

DROP TRIGGER

DROP TRIGGER — удалить триггер

Синтаксис

```
DROP TRIGGER [ IF EXISTS ] имя ON имя_таблицы [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TRIGGER удаляет существующее определение триггера. Пользователь, выполняющий эту команду, должен быть владельцем таблицы, для которой определён данный триггер.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если триггер не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя триггера, подлежащего удалению.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) таблицы, для которой определён триггер.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного триггера, и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении триггера, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление триггера `if_dist_exists` в таблице `films`:

```
DROP TRIGGER if_dist_exists ON films;
```

Совместимость

Оператор `DROP TRIGGER` в PostgreSQL несовместим со стандартом SQL. В стандарте имена триггеров не считаются локальными по отношению к таблицам, так что синтаксис команды проще: `DROP TRIGGER имя.`

См. также

CREATE TRIGGER

DROP TYPE

DROP TYPE — удалить тип данных

Синтаксис

```
DROP TYPE [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP TYPE удаляет определённый пользователем тип данных. Удалить тип может только его владелец.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если тип не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) типа данных, подлежащего удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного типа (например, столбцы таблиц, функции и операторы), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении типа, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Удаление типа данных box:

```
DROP TYPE box;
```

Совместимость

Эта команда подобна соответствующей команде в стандарте SQL, но указание IF EXISTS является расширением PostgreSQL. Однако учтите, что команда CREATE TYPE и механизм расширения типов в PostgreSQL значительно отличаются от стандарта SQL.

См. также

ALTER TYPE, CREATE TYPE

DROP USER

DROP USER — удалить роль в базе данных

Синтаксис

```
DROP USER [ IF EXISTS ] имя [, ...]
```

Описание

DROP USER — просто альтернативное написание команды DROP ROLE.

Совместимость

DROP USER является расширением PostgreSQL. В стандарте SQL определение пользователей считается зависимым от реализации.

См. также

DROP ROLE

DROP USER MAPPING

DROP USER MAPPING — удалить сопоставление пользователя для стороннего сервера

Синтаксис

```
DROP USER MAPPING [ IF EXISTS ] FOR { имя_пользователя | USER | CURRENT_USER | PUBLIC }  
SERVER имя_сервера
```

Описание

DROP USER MAPPING удаляет существующее сопоставление пользователя для стороннего сервера.

Владелец стороннего сервера может удалить заданные для этого сервера сопоставления любых пользователей. Кроме того, обычный пользователь может удалить сопоставление для собственного имени, если он имеет право USAGE для сервера.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если сопоставление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя_пользователя

Имя пользователя для сопоставления. Значения CURRENT_USER и USER соответствуют имени текущего пользователя. Значение PUBLIC соответствует именам всех текущих и будущих пользователей системы.

имя_сервера

Имя сервера, для которого меняется сопоставление пользователей.

Примеры

Удаление сопоставления пользователя bob для сервера foo, если оно существует:

```
DROP USER MAPPING IF EXISTS FOR bob SERVER foo;
```

Совместимость

DROP USER MAPPING соответствует стандарту ISO/IEC 9075-9 (SQL/MED). Предложение IF EXISTS является расширением PostgreSQL.

См. также

CREATE USER MAPPING, ALTER USER MAPPING

DROP VIEW

DROP VIEW — удалить представление

Синтаксис

```
DROP VIEW [ IF EXISTS ] имя [, ...] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

DROP VIEW удаляет существующее представление. Выполнить эту команду может только владелец представления.

Параметры

IF EXISTS

Не считать ошибкой, если представление не существует. В этом случае будет выдано замечание.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) представления, подлежащего удалению.

CASCADE

Автоматически удалять объекты, зависящие от данного представления (например, другие представления), и, в свою очередь, все зависящие от них объекты (см. Раздел 5.13).

RESTRICT

Отказать в удалении представления, если от него зависят какие-либо объекты. Это поведение по умолчанию.

Примеры

Эта команда удаляет представление с именем `kinds`:

```
DROP VIEW kinds;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, но возможность удалять в одной команде несколько представлений и указание `IF EXISTS` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

ALTER VIEW, CREATE VIEW

END

END — зафиксировать текущую транзакцию

Синтаксис

```
END [ WORK | TRANSACTION ]
```

Описание

END фиксирует текущую транзакцию. Все изменения, произведённые этой транзакцией, становятся видимыми для других и гарантированно сохраняются в случае сбоя. Эта команда является расширением PostgreSQL и равнозначна команде COMMIT.

Параметры

WORK
TRANSACTION

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

Замечания

Для прерывания транзакции используйте ROLLBACK.

При попытке выполнить END вне транзакции ничего не произойдёт, но будет выдано предупреждение.

Примеры

Следующая команда фиксирует текущую транзакцию и сохраняет все изменения:

```
END;
```

Совместимость

END является расширением PostgreSQL и выполняет ту же функцию, что и оператор COMMIT, описанный в стандарте SQL.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK

EXECUTE

EXECUTE — выполнить подготовленный оператор

Синтаксис

```
EXECUTE имя [ ( параметр [, ...] ) ]
```

Описание

EXECUTE выполняет подготовленный ранее оператор. Так как подготовленные операторы существуют только в рамках сеанса, они должны создаваться командой PREPARE, выполненной в текущем сеансе ранее.

Если команда PREPARE, создающая оператор, определяет некоторый набор параметров, команде EXECUTE должны быть переданы подходящие значения этих параметров; в противном случае возникнет ошибка. Заметьте, что подготовленные операторы (в отличие от функций) не перегружаются в зависимости от типа или числа параметров; имя подготовленного оператора должно быть уникальным в рамках текущего сеанса.

Чтобы узнать больше о создании и использовании подготовленных операторов, обратитесь к PREPARE.

Параметры

имя

Имя подготовленного оператора, который будет выполнен.

параметр

Фактическое значение параметра подготовленного оператора. Это может быть выражение, выдающее значение, совместимое с типом данных этого параметра, который был определён при создании подготовленного оператора.

Выводимая информация

Метка команды, возвращаемая EXECUTE, соответствует подготовленному оператору, а не оператору EXECUTE.

Примеры

Примеры приведены в разделе «Примеры» документации по оператору PREPARE.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор EXECUTE, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL. Эта версия оператора EXECUTE имеет также несколько другой синтаксис.

См. также

DEALLOCATE, PREPARE

EXPLAIN

EXPLAIN — показать план выполнения оператора

Синтаксис

```
EXPLAIN [ ( параметр [, ...] ) ] оператор
EXPLAIN [ ANALYZE ] [ VERBOSE ] оператор
```

Здесь допускается параметр:

```
ANALYZE [ boolean ]
VERBOSE [ boolean ]
COSTS [ boolean ]
BUFFERS [ boolean ]
TIMING [ boolean ]
SUMMARY [ boolean ]
FORMAT { TEXT | XML | JSON | YAML }
```

Описание

Эта команда выводит план выполнения, генерируемый планировщиком PostgreSQL для заданного оператора. План выполнения показывает, как будут сканироваться таблицы, затрагиваемые оператором — просто последовательно, по индексу и т. д. — а если запрос связывает несколько таблиц, какой алгоритм соединения будет выбран для объединения считанных из них строк.

Наибольший интерес в выводимой информации представляет ожидаемая стоимость выполнения оператора, которая показывает, сколько, по мнению планировщика, будет выполняться этот оператор (это значение измеряется в единицах стоимости, которые не имеют точного определения, но обычно это обращение к странице на диске). Фактически выводятся два числа: стоимость запуска до выдачи первой строки и общая стоимость выдачи всех строк. Для большинства запросов важна общая стоимость, но в таких контекстах, как подзапрос в `EXISTS`, планировщик будет минимизировать стоимость запуска, а не общую стоимость (так как исполнение запроса всё равно завершится сразу после получения одной строки). Кроме того, если количество возвращаемых строк ограничивается предложением `LIMIT`, планировщик интерполирует стоимость между двумя этими числами, выбирая наиболее выгодный план.

С параметром `ANALYZE` оператор будет выполнен на самом деле, а не только запланирован. При этом в вывод добавляются фактические сведения о времени выполнения, включая общее время, затраченное на каждый узел плана (в миллисекундах) и общее число строк, выданных в результате. Это помогает понять, насколько близки к реальности предварительные оценки планировщика.

Важно

Имейте в виду, что с указанием `ANALYZE` оператор действительно выполняется. Хотя `EXPLAIN` отбрасывает результат, который вернул бы `SELECT`, в остальном все действия выполняются как обычно. Если вы хотите выполнить `EXPLAIN ANALYZE` с командой `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `CREATE TABLE AS` или `EXECUTE`, не допуская изменения данных этой командой, воспользуйтесь таким приёмом:

```
BEGIN;
EXPLAIN ANALYZE ...;
ROLLBACK;
```

Без скобок для этого оператора можно указать только параметры `ANALYZE` и `VERBOSE` и только в таком порядке. В PostgreSQL до версии 9.0 поддерживался только синтаксис без скобок, однако в дальнейшем ожидается, что все новые параметры будут восприниматься только в скобках.

Параметры

ANALYZE

Выполнить команду и вывести фактическое время выполнения и другую статистику. По умолчанию этот параметр равен `FALSE`.

VERBOSE

Вывести дополнительную информацию о плане запроса. В частности, включить список столбцов результата для каждого узла в дереве плана, дополнить схемой имена таблиц и функций, всегда указывать для переменных в выражениях псевдоним их таблицы, а также выводить имена всех триггеров, для которых выдаётся статистика. По умолчанию этот параметр равен `FALSE`.

COSTS

Вывести рассчитанную стоимость запуска и общую стоимость каждого узла плана, а также рассчитанное число строк и ширину каждой строки. Этот параметр по умолчанию равен `TRUE`.

BUFFERS

Включить информацию об использовании буфера. В частности, вывести число попаданий, блоков прочитанных, загрязненных и записанных в разделяемом и локальном буфере, а также число прочитанных и записанных временных блоков. *Попаданием* считается ситуация, когда требуемый блок уже находится в кеше и чтения с диска удаётся избежать. Блоки в общем буфере содержат данные обычных таблиц и индексов, в локальном — данные временных таблиц и индексов, а временные блоки предназначены для краткосрочного использования при выполнении сортировки, хеширования, материализации и подобных узлов плана. Число *загрязнённых* блоков показывает, сколько ранее не модифицированных блоков изменила данная операция; тогда как число *записанных* блоков показывает, сколько ранее загрязнённых блоков данный серверный процесс вынес из кеша при обработке запроса. Значения, указываемые для узла верхнего уровня, включают значения всех его дочерних узлов. В текстовом формате выводятся только ненулевые значения. Этот параметр действует только в режиме `ANALYZE`. По умолчанию его значение равно `FALSE`.

TIMING

Включить в вывод фактическое время запуска и время, затраченное на каждый узел. Постоянное чтение системных часов может значительно замедлить запрос, так что если достаточно знать фактическое число строк, имеет смысл сделать этот параметр равным `FALSE`. Время выполнения всего оператора замеряется всегда, даже когда этот параметр выключен и на уровне узлов время не подсчитывается. Этот параметр действует только в режиме `ANALYZE`. По умолчанию его значение равно `TRUE`.

SUMMARY

Включить сводку (например, суммарное время) после плана запроса. Сводка включается по умолчанию, когда используется `ANALYZE`, но этот параметр позволяет получить её и с другими вариантами команды. Время планирования в `EXPLAIN EXECUTE` включает время извлечения плана из кеша и время перепланирования, если оно потребовалось.

FORMAT

Установить один из следующих форматов вывода: `TEXT`, `XML`, `JSON` или `YAML`. Последние три формата содержат ту же информацию, что и текстовый, но больше подходят для программного разбора. По умолчанию выбирается формат `TEXT`.

boolean

Включает или отключает заданный параметр. Для включения параметра можно написать `TRUE`, `ON` или `1`, а для отключения — `FALSE`, `OFF` или `0`. Значение *boolean* можно опустить, в этом случае подразумевается `TRUE`.

оператор

Любой оператор `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`, `VALUES`, `EXECUTE`, `DECLARE`, `CREATE TABLE AS` и `CREATE MATERIALIZED VIEW AS`, план выполнения которого вас интересует.

Выводимая информация

Результатом команды будет текстовое описание плана, выбранного для *оператора*, возможно, дополненное статистикой выполнения. Представленная информация описана в Разделе 14.1.

Замечания

Чтобы планировщик запросов PostgreSQL был достаточно информирован для эффективной оптимизации запросов, данные в `pg_statistic` должны быть актуальными для всех таблиц, задействованных в запросе. Обычно об этом автоматически заботится демон автоочистки. Но если в таблице недавно произошли значительные изменения, может потребоваться вручную выполнить `ANALYZE`, не дожидаясь, пока автоочистка обработает эти изменения.

Измеряя фактическую стоимость выполнения каждого узла в плане, текущая реализация `EXPLAIN ANALYZE` приносит накладные расходы профилирования в выполнение запроса. В результате этого, при запуске запроса командой `EXPLAIN ANALYZE` он может выполняться значительно дольше, чем при обычном выполнении. Объем накладных расходов зависит от природы запроса, а также от используемой платформы. Худшая ситуация наблюдается для узлов плана, которые сами по себе выполняются очень быстро, и в операционных системах, где получение текущего времени относительно длительная операция.

Примеры

Получение плана простого запроса для таблицы, содержащей единственный столбец типа `integer`, с 10000 строк:

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo;
```

QUERY PLAN

```
-----  
Seq Scan on foo  (cost=0.00..155.00 rows=10000 width=4)  
(1 row)
```

План того же запроса, но выведенный в формате JSON:

```
EXPLAIN (FORMAT JSON) SELECT * FROM foo;
```

QUERY PLAN

```
-----  
[                                                                 +  
  {                                                                 +  
    "Plan": {                                                       +  
      "Node Type": "Seq Scan", +  
      "Relation Name": "foo", +  
      "Alias": "foo",         +  
      "Startup Cost": 0.00,    +  
      "Total Cost": 155.00,    +  
      "Plan Rows": 10000,     +  
      "Plan Width": 4         +  
    }                                                                 +  
  }                                                                 +  
]                                                                 +  
(1 row)
```

Если в таблице есть индекс, а в запросе присутствует условие `WHERE`, для которого полезен этот индекс, `EXPLAIN` может показать другой план:

```
EXPLAIN SELECT * FROM foo WHERE i = 4;
```

QUERY PLAN

```
-----
Index Scan using fi on foo  (cost=0.00..5.98 rows=1 width=4)
  Index Cond: (i = 4)
(2 rows)
```

План того же запроса, но в формате YAML:

```
EXPLAIN (FORMAT YAML) SELECT * FROM foo WHERE i='4';
      QUERY PLAN
```

```
-----
- Plan:                                     +
  Node Type: "Index Scan"                  +
  Scan Direction: "Forward"                +
  Index Name: "fi"                         +
  Relation Name: "foo"                    +
  Alias: "foo"                             +
  Startup Cost: 0.00                       +
  Total Cost: 5.98                         +
  Plan Rows: 1                             +
  Plan Width: 4                           +
  Index Cond: "(i = 4)"                   +
(1 row)
```

Рассмотрение формата XML оставлено в качестве упражнения для читателя.

План того же запроса без вывода оценок стоимости:

```
EXPLAIN (COSTS FALSE) SELECT * FROM foo WHERE i = 4;
```

QUERY PLAN

```
-----
Index Scan using fi on foo
  Index Cond: (i = 4)
(2 rows)
```

Пример плана для запроса с агрегатной функцией:

```
EXPLAIN SELECT sum(i) FROM foo WHERE i < 10;
```

QUERY PLAN

```
-----
Aggregate  (cost=23.93..23.93 rows=1 width=4)
->  Index Scan using fi on foo  (cost=0.00..23.92 rows=6 width=4)
    Index Cond: (i < 10)
(3 rows)
```

Пример использования EXPLAIN EXECUTE для отображения плана выполнения подготовленного запроса:

```
PREPARE query(int, int) AS SELECT sum(bar) FROM test
  WHERE id > $1 AND id < $2
  GROUP BY foo;
```

```
EXPLAIN ANALYZE EXECUTE query(100, 200);
```

QUERY PLAN

```
HashAggregate  (cost=9.54..9.54 rows=1 width=8) (actual time=0.156..0.161 rows=11
loops=1)
  Group Key: foo
    -> Index Scan using test_pkey on test  (cost=0.29..9.29 rows=50 width=8) (actual
time=0.039..0.091 rows=99 loops=1)
      Index Cond: ((id > $1) AND (id < $2))
Planning time: 0.197 ms
Execution time: 0.225 ms
(6 rows)
```

Разумеется, конкретные числа, показанные здесь, зависят от фактического содержимого задействованных таблиц. Также учтите, что эти числа и даже выбранная стратегия выполнения запроса могут меняться от версии к версии PostgreSQL вследствие усовершенствования планировщика. Кроме того, команда `ANALYZE` при обработке статистических данных производит случайные выборки, так что оценки стоимости могут меняться при каждом чистом запуске `ANALYZE`, даже когда фактическое распределение данных в таблице не меняется.

Совместимость

Оператор `EXPLAIN` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`ANALYZE`

FETCH

FETCH — получить результат запроса через курсор

Синтаксис

```
FETCH [ direction [ FROM | IN ] ] имя_курсора
```

Здесь *direction* может быть пустым или принимать следующее значение:

```
NEXT  
PRIOR  
FIRST  
LAST  
ABSOLUTE число  
RELATIVE число  
число  
ALL  
FORWARD  
FORWARD число  
FORWARD ALL  
BACKWARD  
BACKWARD число  
BACKWARD ALL
```

Описание

FETCH получает строки через ранее созданный курсор.

Курсор связан с определённым положением, что и использует команда FETCH. Курсор может располагаться перед первой строкой результата запроса, на любой строке этого результата, либо после последней строки. При создании курсор оказывается перед первой строкой. Когда FETCH доходит до конца набора строк, курсор остаётся в положении после последней строки, либо перед первой, при движении назад. После команд FETCH ALL и FETCH BACKWARD ALL курсор всегда оказывается после последней строки или перед первой, соответственно.

Формы NEXT, PRIOR, FIRST, LAST, ABSOLUTE и RELATIVE выбирают одну строку после соответствующего перемещения курсора. Если в этом положении строки не оказывается, возвращается пустой результат, а курсор остаётся в достигнутом положении перед первой строкой или после последней.

Формы FORWARD и BACKWARD получают указанное число строк, сдвигаясь соответственно вперёд или назад; в результате курсор оказывается на последней выданной строке (или перед/после всех строк, если *число* превышает количество доступных строк).

Формы RELATIVE 0, FORWARD 0 и BACKWARD 0 действуют одинаково — они считывают текущую строку, не перемещая курсор, то есть, повторно выбирая строку, выбранную последней. Эта операция будет успешна, только если курсор не расположен до первой или после последней строки; в этом случае строка возвращена не будет.

Примечание

На этой странице описывается применение курсоров на уровне команд SQL. Если вы попытаетесь использовать курсоры внутри функции PL/pgSQL, правила будут другими — см. Подраздел 43.7.3.

Параметры

direction

Параметр *направление* задаёт направление движения и число выбираемых строк. Он может принимать одно из следующих значений:

NEXT

Выбрать следующую строку. Это действие подразумевается по умолчанию, если *направление* опущено.

PRIOR

Выбрать предыдущую строку.

FIRST

Выбрать первую строку запроса (аналогично указанию ABSOLUTE 1).

LAST

Выбрать последнюю строку запроса (аналогично ABSOLUTE -1).

ABSOLUTE *число*

Выбрать строку под номером *число* с начала, либо под номером `abs(число)` с конца, если *число* отрицательно. Если *число* выходит за границы набора строк, курсор размещается перед первой или после последней строки; в частности, с ABSOLUTE 0 курсор оказывается перед первой строкой.

RELATIVE *число*

Выбрать строку под номером *число*, считая со следующей вперёд, либо под номером `abs(число)`, считая с предыдущей назад, если *число* отрицательно. RELATIVE 0 повторно считывает текущую строку, если таковая имеется.

число

Выбрать следующее *число* строк (аналогично FORWARD *число*).

ALL

Выбрать все оставшиеся строки (аналогично FORWARD ALL).

FORWARD

Выбрать следующую строку (аналогично NEXT).

FORWARD *число*

Выбрать следующее *число* строк. FORWARD 0 повторно выбирает текущую строку.

FORWARD ALL

Выбрать все оставшиеся строки.

BACKWARD

Выбрать предыдущую строку (аналогично PRIOR).

BACKWARD *число*

Выбрать предыдущее *число* строк (с перемещением назад). BACKWARD 0 повторно выбирает текущую строку.

BACKWARD ALL

Выбрать все предыдущие строки (с перемещением назад).

число

Здесь *число* — целочисленная константа, возможно со знаком, определяющая смещение или количество выбираемых строк. Для вариантов FORWARD и BACKWARD указание отрицательного *числа* равнозначно смене направления FORWARD на BACKWARD и наоборот.

имя_курсора

Имя открытого курсора.

Выводимая информация

При успешном выполнении FETCH возвращает метку команды вида

FETCH *число*

Здесь *count* — количество выбранных строк (может быть и нулевым). Заметьте, что в psql метка команды не выдаётся, так как вместо неё psql выводит выбранные строки.

Замечания

Если перемещение курсора в FETCH не ограничивается вариантами FETCH NEXT или FETCH FORWARD с положительным числом, курсор должен быть объявлен с указанием SCROLL. Для простых запросов PostgreSQL допускает обратное перемещение курсора, объявленного без SCROLL, но на это поведение лучше не рассчитывать. Если курсор объявлен с указанием NO SCROLL, перемещение назад запрещается.

Вариант ABSOLUTE несколько не быстрее, чем перемещение к требуемой строке с относительным сдвигом: нижележащий механизм всё равно должен прочитать все промежуточные строки. Выборки по абсолютному отрицательному положению ещё хуже: сначала запрос необходимо прочитать до конца и найти последнюю строку, а затем вернуться назад к указанной строке. Однако перемotka к началу запроса (FETCH ABSOLUTE 0) выполняется быстро.

Определить курсор позволяет команда DECLARE, а переместить его, не читая данные, — команда MOVE.

Примеры

Следующий пример демонстрирует перемещение курсора в таблице:

```
BEGIN WORK;
```

```
-- Создание курсора:
```

```
DECLARE liahona SCROLL CURSOR FOR SELECT * FROM films;
```

```
-- Получение первых 5 строк через курсор liahona:
```

```
FETCH FORWARD 5 FROM liahona;
```

code	title	did	date_prod	kind	len
BL101	The Third Man	101	1949-12-23	Drama	01:44
BL102	The African Queen	101	1951-08-11	Romantic	01:43
JL201	Une Femme est une Femme	102	1961-03-12	Romantic	01:25
P_301	Vertigo	103	1958-11-14	Action	02:08
P_302	Becket	103	1964-02-03	Drama	02:28

```
-- Получение предыдущей строки:
```

```
FETCH PRIOR FROM liahona;
```

code	title	did	date_prod	kind	len
P_301	Vertigo	103	1958-11-14	Action	02:08

```
-- Закрытие курсора и завершение транзакции:  
CLOSE liahona;  
COMMIT WORK;
```

Совместимость

В стандарте SQL команда `FETCH` определена только для встраиваемого SQL. Описанная здесь реализация `FETCH` возвращает данные подобно оператору `SELECT`, а не помещает их в переменные исполняющей среды. В остальном, `FETCH` полностью прямо-совместима со стандартом SQL.

Формы `FETCH` с `FORWARD` и `BACKWARD`, а также формы `FETCH` *число* и `FETCH ALL` (в которых `FORWARD` подразумевается) являются расширениями PostgreSQL.

В стандарте SQL перед именем курсора допускается только указание `FROM`; возможность указать `IN` или опустить оба указания относится к расширениям.

См. также

`CLOSE`, `DECLARE`, `MOVE`

GRANT

GRANT — определить права доступа

Синтаксис

```
GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
      [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
    | ALL TABLES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { SELECT | INSERT | UPDATE | REFERENCES } ( имя_столбца [, ...] )
      [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] ( имя_столбца [, ...] ) }
ON [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { USAGE | SELECT | UPDATE }
      [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { SEQUENCE имя_последовательности [, ...]
    | ALL SEQUENCES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { CREATE | CONNECT | TEMPORARY | TEMP } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON DATABASE имя_бд [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON DOMAIN имя_домена [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON FOREIGN SERVER имя_сервера [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { { FUNCTION | PROCEDURE | ROUTINE } имя_подпрограммы [ ( [ [ режим_аргумента ]
  [ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
    | ALL { FUNCTIONS | PROCEDURES | ROUTINES } IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON LANGUAGE имя_языка [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { SELECT | UPDATE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON LARGE OBJECT oid_БО [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]

GRANT { { CREATE | USAGE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SCHEMA имя_схемы [, ...]
TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }  
  ON TABLESPACE табл_пространство [, ...]  
  TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

```
GRANT { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }  
  ON TYPE имя_типа [, ...]  
  TO указание_роли [, ...] [ WITH GRANT OPTION ]
```

Здесь *указание_роли*:

```
[ GROUP ] имя_роли  
| PUBLIC  
| CURRENT_USER  
| SESSION_USER
```

```
GRANT имя_роли [, ...] TO имя_роли [, ...] [ WITH ADMIN OPTION ]
```

Описание

Команда `GRANT` имеет две основные разновидности: первая назначает права для доступа к объектам баз данных (таблицам, столбцам, представлениям, сторонним таблицам, последовательностям, базам данных, обёрткам сторонних данных, сторонним серверам, функциям, процедурам, процедурным языкам, схемам или табличным пространствам), а вторая назначает одни роли членами других. Эти разновидности во многом похожи, но имеют достаточно отличий, чтобы рассматривать их отдельно.

GRANT для объектов баз данных

Эта разновидность команды `GRANT` даёт одной или нескольким ролям определённые права для доступа к объекту базы данных. Эти права добавляются к списку имеющихся, если роль уже наделена какими-то правами.

Также можно дать роли некоторое право для всех объектов одного типа в одной или нескольких схемах. Эта функциональность в настоящее время поддерживается только для таблиц, последовательностей, функций и процедур. `ALL TABLES` распространяется и на представления со сторонними таблицами так же, как и вариант `GRANT` для конкретного объекта. `ALL FUNCTIONS` распространяется и на агрегатные функции, но не на процедуры, тоже подобно варианту `GRANT` для конкретного объекта.

Ключевое слово `PUBLIC` означает, что права даются всем ролям, включая те, что могут быть созданы позже. `PUBLIC` можно воспринимать как неявно определённую группу, в которую входят все роли. Любая конкретная роль получит в сумме все права, данные непосредственно ей и ролям, членом которых она является, а также права, данные роли `PUBLIC`.

Если указано `WITH GRANT OPTION`, получатель права, в свою очередь, может давать его другим. Без этого указания распоряжаться своим правом он не сможет. Группе `PUBLIC` право передачи права дать нельзя.

Нет необходимости явно давать права для доступа к объекту его владельцу (обычно это пользователь, создавший объект), так как по умолчанию он имеет все права. (Однако владелец может лишить себя прав в целях безопасности.)

Право удалять объект или изменять его определение произвольным образом не считается назначаемым; оно неотъемлемо связано с владельцем, так что отозвать это право или дать его кому-то другому нельзя. (Однако похожий эффект можно получить, управляя членством в роли, владеющей объектом; см. ниже.) Владелец также неявно получает право распоряжения всеми правами для своего объекта.

PostgreSQL по умолчанию назначает группе `PUBLIC` определённые права для некоторых типов объектов. Для таблиц, столбцов, последовательностей, обёрток сторонних данных, сторонних серверов.

ров, больших объектов, схем и табличных пространств `PUBLIC` по умолчанию никаких прав не имеет. Для других типов объектов `PUBLIC` имеет следующие права по умолчанию: `CONNECT` и `TEMPORARY` (создание временных таблиц) для баз данных; `EXECUTE` — для функций и процедур; `USAGE` — для языков и типов данных (включая домены). Владелец объекта, конечно же, может отозвать (посредством `REVOKE`) как явно назначенные права, так и права по умолчанию. (Для максимальной безопасности команду `REVOKE` нужно выполнить в транзакции, создающей объект; тогда не образуется окно, в котором другой пользователь сможет обратиться к объекту.) Кроме того, эти изначально назначаемые права по умолчанию можно изменить, воспользовавшись командой `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`.

Все возможные права перечислены ниже:

SELECT

Позволяет выполнять `SELECT` для любого столбца или перечисленных столбцов в заданной таблице, представлении или последовательности. Также позволяет выполнять `COPY TO`. Помимо того, это право требуется для обращения к существующим значениям столбцов в `UPDATE` или `DELETE`. Для последовательностей это право позволяет пользоваться функцией `currval`. Для больших объектов это право позволяет читать содержимое объекта.

INSERT

Позволяет вставлять строки в заданную таблицу с помощью `INSERT`. Если право ограничивается несколькими столбцами, только их значение можно будет задать в команде `INSERT` (другие столбцы получают значения по умолчанию). Также позволяет выполнять `COPY FROM`.

UPDATE

Позволяет изменять (с помощью `UPDATE`) данные во всех, либо только перечисленных, столбцах в заданной таблице. (На практике для любой нетривиальной команды `UPDATE` потребуется и право `SELECT`, так как она должна обратиться к столбцам таблицы, чтобы определить, какие строки подлежат изменению, и/или вычислить новые значения столбцов.) Для `SELECT ... FOR UPDATE` и `SELECT ... FOR SHARE` также необходимо это право как минимум для одного столбца, помимо права `SELECT`. Для последовательностей это право позволяет пользоваться функциями `nextval` и `setval`. Для больших объектов это право позволяет записывать данные в объект или обрезать его.

DELETE

Позволяет удалять строки из заданной таблицы с помощью `DELETE`. (На практике для любой нетривиальной команды `DELETE` потребуется также право `SELECT`, так как она должна обратиться к столбцам таблицы, чтобы определить, какие строки подлежат удалению.)

TRUNCATE

Позволяет опустошить заданную таблицу с помощью `TRUNCATE`.

REFERENCES

Позволяет создавать ограничение внешнего ключа, ссылающееся на определённую таблицу либо на определённые столбцы таблицы. (См. описание `CREATE TABLE`.)

TRIGGER

Позволяет создавать триггеры в заданной таблице. (См. описание оператора `CREATE TRIGGER`.)

CREATE

Для баз данных это право позволяет создавать схемы и публикации в заданной базе.

Для схем это право позволяет создавать новые объекты в заданной схеме. Чтобы переименовать существующий объект, необходимо быть владельцем этого объекта и иметь это право для схемы, содержащей его.

Для табличных пространств это право позволяет создавать таблицы, индексы и временные файлы в заданном табличном пространстве, а также создавать базы данных, для которых это пространство будет основным. (Учтите, что когда это право отзывается, существующие объекты остаются в прежнем расположении.)

CONNECT

Позволяет пользователю подключаться к указанной базе данных. Это право проверяется при установлении соединения (в дополнение к условиям, определённым в конфигурации `pg_hba.conf`).

TEMPORARY

TEMP

Позволяет создавать временные таблицы в заданной базе данных.

EXECUTE

Позволяет выполнять заданную функцию или процедуру и применять любые определённые поверх неё операторы. Это единственный тип прав, применимый к функциям и процедурам. Этот синтаксис `FUNCTION` распространяется и на агрегатные функции. Также можно использовать вариант с `ROUTINE`, охватывающий функции, агрегатные функции или процедуры вне зависимости от фактического рода объекта.

USAGE

Для процедурных языков это право позволяет создавать функции на заданном языке. Это единственный тип прав, применимый к процедурным языкам.

Для схем это право даёт доступ к объектам, содержащимся в заданной схеме (предполагается, что при этом имеются права, необходимые для доступа к самим объектам). По сути это право позволяет субъекту «просматривать» объекты внутри схемы. Без этого разрешения имена объектов всё же можно будет узнать, например, обратившись к системным таблицам. Кроме того, если отозвать это право, в существующих сеансах могут оказаться операторы, для которых просмотр имён объектов был выполнен ранее, так что это право не позволяет абсолютно надёжно перекрыть доступ к объектам.

Для последовательностей это право позволяет использовать функции `currval` и `nextval`.

Для типов и доменов это право позволяет использовать заданный тип или домен при создании таблиц, функций или других объектов схемы. (Заметьте, что это право не ограничивает общее «использование» типа, например, обращение к значениям типа в запросах. Не имея этого права, субъект лишается только возможности создавать объекты, зависящие от заданного типа. Основное предназначение этого права в том, чтобы ограничить круг пользователей, способных создавать зависимости от типа, которые могут впоследствии помешать владельцу типа изменить его.)

Для обёрток сторонних данных это право позволяет создавать новые серверы, используя заданную обёртку.

Для серверов это право позволяет создавать определения сторонних таблиц, связанные с этим сервером. Субъекты могут также создавать, изменять или удалять сопоставление для собственного имени пользователя, связанное с этим сервером.

ALL PRIVILEGES

Даёт целевой роли все права сразу. Ключевое слово `PRIVILEGES` является необязательным в PostgreSQL, хотя в строгом SQL оно требуется.

Права, требующиеся для других команд, указаны на страницах справки этих команд.

GRANT для ролей

Эта разновидность команды GRANT включает роль в члены одной или нескольких других ролей. Членство в ролях играет важную роль, так как права, данные роли, распространяются и на всех её членов.

С указанием WITH ADMIN OPTION новоиспечённый член роли сможет, в свою очередь, включать в члены этой роли, а также исключать из неё другие роли. Без этого указания обычные пользователи не могут это делать. Считается, что роль не имеет права WITH ADMIN OPTION для самой себя, но ей позволено управлять своими членами из сеанса, в котором пользователь сеанса соответствует данной роли. Суперпользователи баз данных могут включать или исключать любые роли из любых ролей. Роли с правом CREATEROLE могут управлять членством в любых ролях, кроме ролей суперпользователей.

В отличие от прав, членство в ролях нельзя назначить группе PUBLIC. Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово GROUP.

Замечания

Для лишения субъектов прав доступа применяется команда REVOKE.

Начиная с PostgreSQL версии 8.1, концепции пользователей и групп объединены в единую сущность, названную ролью. Таким образом, теперь нет необходимости добавлять ключевое слово GROUP, чтобы показать, что субъект является группой, а не пользователем. Слово GROUP всё ещё принимается этой командой, но оно лишено смысловой нагрузки.

Пользователь может выполнять SELECT, INSERT и подобные команды со столбцом таблицы, если он имеет такое право для данного столбца или для всей таблицы. Если назначить пользователю требуемое право на уровне таблицы, а затем отозвать его для одного из столбцов, это не даст эффекта, которого можно было бы ожидать: операция с правами на уровне столбцов не затронет право на уровне таблицы.

Если назначить право доступа к объекту (с помощью GRANT) попытается не владелец объекта, команда завершится ошибкой, если пользователь не имеет никаких прав для этого объекта. Если же пользователь имеет какие-то права, команда будет выполняться, но пользователь сможет давать другим только те права, которые даны ему с правом передачи. Формы GRANT ALL PRIVILEGES будут выдавать предупреждение, если у него вовсе нет таких прав, тогда как другие формы будут выдавать предупреждения, если пользователь не имеет прав распоряжаться именно правами, указанными в команде. (В принципе, эти утверждения применимы и к владельцу объекта, но ему разрешено распоряжаться всеми правами, поэтому такие ситуации невозможны.)

Следует отметить, что суперпользователи баз данных могут обращаться к любым объектам, вне зависимости от наличия каких-либо прав. Это сравнимо с привилегиями пользователя root в системе Unix. И так же, как root, роль суперпользователя следует использовать только когда это абсолютно необходимо.

Если суперпользователь решит выполнить команду GRANT или REVOKE, она будет выполнена, как если бы её выполнял владелец заданного объекта. В частности, права, назначенные такой командой, будут представлены как права, назначенные владельцем объекта. (Если так же установить членство в роли, оно будет представлено как назначенное самой ролью.)

GRANT и REVOKE также могут быть выполнены ролью, которая не является владельцем заданного объекта, но является членом роли-владельца, либо членом роли, имеющей права WITH GRANT OPTION для этого объекта. В этом случае, права будут записаны как назначенные ролью, которая действительно владеет объектом, либо имеет право WITH GRANT OPTION. Например, если таблица t1 принадлежит роли g1, членом которой является u1, то u1 может дать права на использование t1 роли u2, но эти права будут представлены, как назначенные непосредственно ролью g1. Отозвать эти права позже сможет любой член роли g1.

Если роль, выполняющая команду GRANT, получает требуемое право по нескольким путям членства, какая именно роль будет выбрана в качестве назначающей право, не определено. Если это

важно, в таких случаях рекомендуется воспользоваться командой `SET ROLE` и переключиться на роль, которую хочется видеть в качестве выполняющей `GRANT`.

При назначении прав для доступа к таблице они автоматически не распространяются на последовательности, используемые этой таблицей, в том числе, на последовательности, связанные со столбцами `SERIAL`. Права доступа к последовательностям нужно назначать отдельно.

Чтобы получить информацию о существующих правах, назначенных для таблиц и столбцов, воспользуйтесь командой `\dp` в `psql`. Например:

```
=> \dp mytable
```

Schema	Name	Type	Access privileges	
			Access privileges	Column access privileges
public	mytable	table	miriam=arwdDxt/miriam : =r/miriam : admin=arw/miriam	col1: : miriam_rw=rw/miriam

(1 row)

Записи, выводимые командой `\dp`, интерпретируются так:

```
имя_роли=xxxx -- права, назначенные роли
=xxxx -- права, назначенные PUBLIC

r -- SELECT ("read", чтение)
w -- UPDATE ("write", запись)
a -- INSERT ("append", добавление)
d -- DELETE
D -- TRUNCATE
x -- REFERENCES
t -- TRIGGER
X -- EXECUTE
U -- USAGE
C -- CREATE
c -- CONNECT
T -- TEMPORARY
arwdDxt -- ALL PRIVILEGES (все права для таблиц; для других объектов другие)
* -- право передачи заданного права

/yyyy -- роль, назначившая это право
```

В примере выше показано, что увидит пользователь `miriam`, если создаст таблицу `mytable` и выполнит:

```
GRANT SELECT ON mytable TO PUBLIC;
GRANT SELECT, UPDATE, INSERT ON mytable TO admin;
GRANT SELECT (col1), UPDATE (col1) ON mytable TO miriam_rw;
```

Для других объектов есть другие команды `\d`, которые также позволяют просмотреть назначенные права.

Если столбец «Права доступа» для данного объекта пуст, это значит, что для объекта действуют стандартные права (то есть столбец прав содержит `NULL`). Права по умолчанию всегда включают все права для владельца и могут также включать некоторые права для `PUBLIC` в зависимости от типа объекта, как разъяснялось выше. Первая команда `GRANT` или `REVOKE` для объекта приводит к проявлению записи прав по умолчанию (например, `{miriam=arwdDxt/miriam}`), а затем изменяет эту запись в соответствии с заданным запросом. Подобным образом, строки, показанные в столбце «Права доступа к столбцам», выводятся только для столбцов с нестандартными правами доступа. (Заметьте, что в данном контексте под «стандартными правами» всегда подразумевается встроенный набор прав, предопределённый для типа объекта. Если с объектом связан набор прав по

умолчанию, полученный после изменения в результате `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`, изменённые права будут всегда выводиться явно, показывая эффект команды `ALTER`.)

Заметьте, что право распоряжения правами, которое имеет владелец, не отмечается в выводимой сводке. Знаком `*` отмечаются только те права с правом передачи, которые были явно назначены кому-либо.

Примеры

Следующая команда разрешает всем добавлять записи в таблицу `films`:

```
GRANT INSERT ON films TO PUBLIC;
```

Эта команда даёт пользователю `manuel` все права для представления `kinds`:

```
GRANT ALL PRIVILEGES ON kinds TO manuel;
```

Учтите, что если её выполнит суперпользователь или владелец представления `kinds`, эта команда действительно даст субъекту все права, но если её выполнит обычный пользователь, субъект получит только те права, которые даны этому пользователю с правом передачи.

Включение в роль `admins` пользователя `joe`:

```
GRANT admins TO joe;
```

Совместимость

Согласно стандарту SQL, слово `PRIVILEGES` в указании `ALL PRIVILEGES` является обязательным. Стандарт SQL не позволяет назначать права сразу для нескольких объектов одной командой.

PostgreSQL позволяет владельцу объекта лишить себя своих обычных прав: например, владелец таблицы может разрешить себе только чтение таблицы, отозвав собственные права `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` и `TRUNCATE`. В стандарте SQL это невозможно. Это объясняется тем, что PostgreSQL воспринимает права владельца как назначенные им же себе; поэтому их можно и отозвать. В стандарте SQL права владельца даются ему предполагаемой сущностью «`_SYSTEM`». Так как владелец объекта отличается от «`_SYSTEM`», лишить себя этих прав он не может.

Согласно стандарту SQL, право с правом передачи можно дать субъекту `PUBLIC`; однако PostgreSQL может давать право с правом передачи только ролям.

В стандарте SQL право `USAGE` распространяется и на другие типы объектов: наборы символов, правила сортировки и преобразования.

В стандарте SQL право `USAGE` для последовательностей управляет использованием выражения `NEXT VALUE FOR`, которое равнозначно функции `nextval` в PostgreSQL. Права `SELECT` и `UPDATE` для последовательностей являются расширениями PostgreSQL. То, что право `USAGE` для последовательностей управляет использованием функции `currval`, так же относится к расширениям PostgreSQL (как и сама функция).

Права для баз данных, табличных пространств, схем и языков относятся к расширениям PostgreSQL.

См. также

`REVOKE`, `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`

IMPORT FOREIGN SCHEMA

IMPORT FOREIGN SCHEMA — импортировать определения таблиц со стороннего сервера

Синтаксис

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA удалённая_схема
  [ { LIMIT TO | EXCEPT } ( имя_таблицы [, ...] ) ]
FROM SERVER имя_сервера
INTO локальная_схема
[ OPTIONS ( параметр 'значение' [, ...] ) ]
```

Описание

IMPORT FOREIGN SCHEMA создаёт сторонние таблицы, которые представляют таблицы, существующие на стороннем сервере. Новые сторонние таблицы будут принадлежать пользователю, выполняющему команду, и будут содержать корректные определения столбцов и параметры, соответствующие удалённым таблицам.

По умолчанию импортируются все таблицы и представления, существующие в определённой схеме на стороннем сервере. По желанию список таблиц можно ограничить некоторым подмножеством, или исключить из него конкретные таблицы. Новые сторонние таблицы создаются в целевой схеме, которая должна уже существовать.

Чтобы использовать IMPORT FOREIGN SCHEMA, необходимо иметь право USAGE для стороннего сервера, а также право CREATE в целевой схеме.

Параметры

удалённая_схема

Удалённая схема, из которой будут импортированы объекты. Что именно представляет собой удалённая схема, зависит от применяемой обёртки сторонних данных.

LIMIT TO (*имя_таблицы* [, ...])

Импортировать только сторонние таблицы с заданными именами. Другие таблицы, существующие в сторонней схеме, будут проигнорированы.

EXCEPT (*имя_таблицы* [, ...])

Исключить из импорта указанные сторонние таблицы. Данная команда импортирует все таблицы, существующие в сторонней схеме, за исключением перечисленных в этом предложении.

имя_сервера

Сторонний сервер, с которого импортируется схема.

локальная_схема

Схема, в которой будут созданы импортируемые сторонние таблицы.

OPTIONS (*параметр* '*значение*' [, ...])

Параметры, которые должны применяться при импорте. Допустимые имена параметров и их значения зависят от обёртки сторонних данных.

Примеры

Импорт определений таблиц из удалённой схемы `foreign_films` на сервере `film_server` с созданием сторонних таблиц в локальной схеме `films`:

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA foreign_films  
  FROM SERVER film_server INTO films;
```

Та же операция, но импортируются только таблицы `actors` и `directors` (если они существуют):

```
IMPORT FOREIGN SCHEMA foreign_films LIMIT TO (actors, directors)  
  FROM SERVER film_server INTO films;
```

Совместимость

Команда `IMPORT FOREIGN SCHEMA` соответствует стандарту SQL, за исключением параметра `OPTIONS`, являющегося расширением PostgreSQL.

См. также

`CREATE FOREIGN TABLE`, `CREATE SERVER`

INSERT

INSERT — добавить строки в таблицу

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]  
INSERT INTO имя_таблицы [ AS псевдоним ] [ ( имя_столбца [, ...] ) ]  
    [ OVERRIDING { SYSTEM | USER } VALUE ]  
    { DEFAULT VALUES | VALUES ( { выражение | DEFAULT } [, ...] ) [, ...] | запрос }  
    [ ON CONFLICT [ объект_конфликта ] действие_при_конflikте ]  
    [ RETURNING * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] [, ...] ]
```

Здесь допускается объект_конфликта:

```
( { имя_столбца_индекса | ( выражение_индекса ) } [ COLLATE правило_сортировки ]  
[ класс_операторов ] [, ...] ) [ WHERE предикат_индекса ]  
ON CONSTRAINT имя_ограничения
```

и действие_при_конflikте может быть следующим:

```
DO NOTHING  
DO UPDATE SET { имя_столбца = { выражение | DEFAULT } |  
               ( имя_столбца [, ...] ) = [ ROW ] ( { выражение | DEFAULT }  
[, ...] ) |  
               ( имя_столбца [, ...] ) = ( вложенный_SELECT )  
               } [, ...]  
[ WHERE условие ]
```

Описание

INSERT добавляет строки в таблицу. Эта команда может добавить одну или несколько строк, сформированных выражениями значений, либо ноль или более строк, выданных дополнительным запросом.

Имена целевых столбцов могут перечисляться в любом порядке. Если список с именами столбцов отсутствует, по умолчанию целевыми столбцами становятся все столбцы заданной таблицы; либо первые *N* из них, если только *N* столбцов поступает от предложения VALUES или запроса. Значения, получаемые от предложения VALUES или запроса, связываются с явно или неявно определённым списком столбцов слева направо.

Все столбцы, не представленные в явном или неявном списке столбцов, получают значения по умолчанию, если для них заданы эти значения, либо NULL в противном случае.

Если выражение для любого столбца выдаёт другой тип данных, система попытается автоматически привести его к нужному.

Предложение ON CONFLICT позволяет задать действие, заменяющее возникновение ошибки при нарушении ограничения уникальности или ограничения-исключения. (См. описание «Предложение ON CONFLICT» ниже.)

С необязательным предложением RETURNING команда INSERT вычислит и возвратит значения для каждой фактически добавленной строки (или изменённой, если применялось предложение ON CONFLICT DO UPDATE). В основном это полезно для получения значений, присвоенных по умолчанию, например, последовательного номера записи. Однако в этом предложении можно задать любое выражение со столбцами таблицы. Список RETURNING имеет тот же синтаксис, что и список результатов SELECT. В результате будут возвращены те строки, которые были успешно вставлены или

изменены. Например, если строка была заблокирована, но не изменена, из-за того, что *условие* в предложении `ON CONFLICT DO UPDATE ... WHERE` не удовлетворено, эта строка возвращена не будет.

Чтобы добавлять строки в таблицу, необходимо иметь право `INSERT` для неё. Если присутствует предложение `ON CONFLICT DO UPDATE`, также требуется иметь право `UPDATE` для этой таблицы.

Если указывается список столбцов, достаточно иметь право `INSERT` только для перечисленных столбцов. Аналогично, с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` достаточно иметь право `UPDATE` только для столбцов, которые будут изменены. Однако предложение `ON CONFLICT DO UPDATE` также требует наличия права `SELECT` для всех столбцов, значения которых считываются в выражениях `ON CONFLICT DO UPDATE` или в *условии*.

Для применения предложения `RETURNING` требуется право `SELECT` для всех столбцов, перечисленных в `RETURNING`. Если для добавления строк применяется *запрос*, для всех таблиц или столбцов, задействованных в этом запросе, разумеется, необходимо иметь право `SELECT`.

Параметры

Добавление

В этом разделе рассматриваются параметры, применяемые только при добавлении новых строк. Параметры, применяемые *исключительно* с предложением `ON CONFLICT`, описываются отдельно.

запрос_WITH

Предложение `WITH` позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно ссылаться по имени в запросе `INSERT`. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и `SELECT`.

Заданный *запрос* (оператор `SELECT`) также может содержать предложение `WITH`. В этом случае в *запросе* можно обращаться к обоим *запросам_WITH*, но второй будет иметь приоритет, так как он вложен ближе.

имя_таблицы

Имя существующей таблицы (возможно, дополненное схемой).

псевдоним

Альтернативное имя, заменяющее *имя_таблицы*. Когда указывается этот псевдоним, он полностью скрывает реальное имя таблицы. Это особенно полезно, когда в предложении `ON CONFLICT DO UPDATE` фигурирует таблица с именем `excluded`, так как без определения псевдонима это имя будет отдано специальной таблице, представляющей строки, предназначенные для добавления.

имя_столбца

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Это имя столбца при необходимости может быть дополнено именем вложенного поля или индексом в массиве. (Когда данные вставляются только в некоторые поля столбца составного типа, в другие поля записывается `NULL`.) Обращаясь к столбцу в предложении `ON CONFLICT DO UPDATE`, включать имя таблицы в ссылку на целевой столбец не нужно. Например, запись `INSERT INTO table_name ... ON CONFLICT DO UPDATE SET table_name.col = 1` некорректна (это согласуется с общим поведением команды `UPDATE`).

`OVERRIDING SYSTEM VALUE`

Без этого предложения не допускается задание явного значения (отличного от `DEFAULT`) для столбца идентификации, определённого с характеристикой `GENERATED ALWAYS`. Данное предложение перекрывает это ограничение.

`OVERRIDING USER VALUE`

Если указывается это предложение, то значения, представляемые для столбцов идентификации, определённых с характеристикой `GENERATED BY DEFAULT`, игнорируются и вместо них применяются значения, выдаваемые последовательностью по умолчанию.

Это предложение полезно, например, при копировании значений между таблицами. Команда `INSERT INTO tbl2 OVERRIDING USER VALUE SELECT * FROM tbl1` скопирует из `tbl1` все столбцы, кроме столбцов идентификации в `tbl2`, а значения столбцов идентификации в `tbl2` будут сгенерированы последовательностями в `tbl2`.

DEFAULT VALUES

Все столбцы получают значения по умолчанию. (Предложение `OVERRIDING` в этой форме не допускается.)

выражение

Выражение или значение, которое будет присвоено соответствующему столбцу.

DEFAULT

Соответствующий столбец получит значение по умолчанию.

запрос

Запрос (оператор `SELECT`), который выдаст строки для добавления в таблицу. Его синтаксис описан в справке оператора `SELECT`.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой `INSERT` после добавления или изменения каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы*. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать `*`.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Предложение ON CONFLICT

Необязательное предложение `ON CONFLICT` задаёт действие, заменяющее возникновение ошибки при нарушении ограничения уникальности или ограничения-исключения. Для каждой отдельной строки, предложенной для добавления, добавление либо выполняется успешно, либо, если нарушается *решающее* ограничение или индекс, задаваемые как *объект_конфликта*, выполняется альтернативное *действие_конфликта*. Вариант `ON CONFLICT DO NOTHING` в качестве альтернативного действия просто отменяет добавление строки. Вариант `ON CONFLICT DO UPDATE` изменяет существующую строку, вызвавшую конфликт со строкой, предложенной для добавления.

Задаваемый *объект_конфликта* может *выбирать уникальный индекс*. Определение объекта, позволяющее выбрать индекс, включает один или несколько столбцов (их определяет *имя_столбца_индекса*) и/или *выражение_индекса* и необязательный *предикат_индекса*. Все уникальные индексы в таблице *имя_таблицы*, которые, без учёта порядка столбцов, содержат в точности столбцы/выражения, определяющие *объект_конфликта*, выбираются как решающие индексы. Если указывается *предикат_индекса*, он должен, в качестве дополнительного требования выбора, удовлетворять индексам. Заметьте, что это означает, что не частичный уникальный индекс (уникальный индекс без предиката) будет выбран (и будет использоваться в `ON CONFLICT`), если такой индекс удовлетворяет всем остальным критериям. Если попытка выбрать индекс оказывается неудачной, выдаётся ошибка.

`ON CONFLICT DO UPDATE` гарантирует атомарный результат команды `INSERT` или `UPDATE`; при отсутствии внешних ошибок гарантируется один из двух этих исходов, даже при большой параллельной активности. Эта операция также известна как *UPSERT* — «`UPDATE` или `INSERT`».

объект_конфликта

Определяет, для какого именно конфликта в `ON CONFLICT` будет предпринято альтернативное действие, устанавливая *решающие индексы*. Это указание позволяет осуществить *выбор уникального индекса* или явно задаёт имя ограничения. Для `ON CONFLICT DO NOTHING` *объект_кон-*

фликта может не указываться; в этом случае игнорироваться будут все конфликты с любыми ограничениями (и уникальными индексами). Для `ON CONFLICT DO UPDATE` *объект_конфликта* должен указываться.

действие_при_конфликте

Параметр *действие_при_конфликте* задаёт альтернативное действие в случае конфликта. Это может быть либо `DO NOTHING` (не делать ничего), либо предложение `DO UPDATE` (произвести изменение), в котором указываются точные детали операции `UPDATE`, выполняемой в случае конфликта. Предложения `SET` и `WHERE` в `ON CONFLICT DO UPDATE` могут обращаться к существующей строке по имени таблицы (или псевдониму) или к строкам, предлагаемым для добавления, используя специальную таблицу `excluded`. Для чтения столбцов `excluded` необходимо иметь право `SELECT` для соответствующих столбцов в целевой таблице.

Заметьте, что эффект действий всех триггеров уровня строк `BEFORE INSERT` отражается в значениях `excluded`, так как в результате этих действий строка может быть исключена из множества добавляемых.

имя_столбца_индекса

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Используется для выбора решающих индексов. Задаётся в формате `CREATE INDEX`. Чтобы запрос выполнялся, для столбца *имя_столбца_индекса* требуется право `SELECT`.

выражение_индекса

Подобно указанию *имя_столбца_индекса*, но применяется для выбора индекса по выражениям со столбцами таблицы *имя_таблицы*, фигурирующим в определениях индексов (не по простым столбцам). Задаётся в формате `CREATE INDEX`. Для всех столбцов, к которым обращается *выражение_индекса*, необходимо иметь право `SELECT`.

правило_сортировки

Когда задаётся, устанавливает, что соответствующие *имя_столбца_индекса* или *выражение_индекса* должны использовать определённый порядок сортировки, чтобы этот индекс мог быть выбран. Обычно это указание опускается, так как от правил сортировки чаще всего не зависит, произойдёт ли нарушение ограничений или нет. Задаётся в формате `CREATE INDEX`.

класс_операторов

Когда задаётся, устанавливает, что соответствующие *имя_столбца_индекса* или *выражение_индекса* должны использовать определённый класс, чтобы индекс мог быть выбран. Обычно это указание опускается, потому что семантика *равенства* часто всё равно одна и та же в разных классах операторов типа, или потому что достаточно рассчитывать на то, что заданные уникальные индексы имеют адекватное определение равенства. Задаётся в формате `CREATE INDEX`.

предикат_индекса

Используется для выбора частичных уникальных индексов. Выбраны могут быть любые индексы, удовлетворяющие предикату (при этом они могут не быть собственно частичными индексами). Задаётся в формате `CREATE INDEX`. Для всех столбцов, задействованных в *предикате_индекса*, требуется право `SELECT`.

имя_ограничения

Явно задаёт решающее *ограничение* по имени, что заменяет неявный выбор ограничения или индекса.

условие

Выражение, выдающее значение типа `boolean`. Изменены будут только те строки, для которых это выражение выдаст `true`, хотя при выборе действия `ON CONFLICT DO UPDATE` заблокируются

все строки. Заметьте, что *условие* вычисляется в конце, после того как конфликт был признан претендующим на выполнение изменения.

Заметьте, что ограничения-исключения не могут быть решающими в `ON CONFLICT DO UPDATE`. Во всех случаях в качестве решающих поддерживаются только неоткладываемые (`NOT DEFERRABLE`) ограничения и уникальные индексы.

Команда `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE` является «детерминированной». Это означает, что этой команде не разрешено воздействовать на любую существующую строку больше одного раза; в случае такой ситуации возникнет ошибка нарушения мощности множества. Строки, предлагаемые для добавления, не должны дублироваться с точки зрения атрибутов, ограничиваемых решающим индексом или ограничением.

Заметьте, что в настоящий момент не поддерживается ситуация, когда конструкция `ON CONFLICT DO UPDATE` команды `INSERT`, применяемой к секционированной таблице, изменяет ключ разбиения в конфликтующей строке так, что эта строка должна быть перенесена в новую секцию.

Подсказка

Часто предпочтительнее использовать неявный выбор уникального индекса вместо непосредственного указания ограничения в виде `ON CONFLICT ON CONSTRAINT имя_ограничения`. Выбор продолжит корректно работать, когда нижележащий индекс будет заменён другим более или менее равнозначным индексом методом наложения, например, с использованием `CREATE UNIQUE INDEX ... CONCURRENTLY` и последующим удалением заменяемого индекса.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, `INSERT` возвращает метку команды в виде

```
INSERT oid число
```

Здесь *число* представляет количество добавленных или изменённых строк. Если *число* равняется одному, а целевая таблица содержит `oid`, то в качестве *oid* выводится OID, назначенный добавленной строке. Эта одна строка должна быть добавлена, но не изменена. В противном случае в качестве *oid* выводится ноль.

Если команда `INSERT` содержит предложение `RETURNING`, её результат будет похож на результат оператора `SELECT` (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке `RETURNING`), полученный для строк, добавленных или изменённых этой командой.

Замечания

Если целевая таблица является секционированной, каждая строка перенаправляется в соответствующую секцию и вставляется в неё. Если целевая таблица является секцией и какая-либо из входных строк нарушает ограничение этой секции, происходит ошибка.

Примеры

Добавление одной строки в таблицу `films`:

```
INSERT INTO films VALUES
('UA502', 'Bananas', 105, '1971-07-13', 'Comedy', '82 minutes');
```

В этом примере столбец `len` опускается и, таким образом, получает значение по умолчанию:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, '1961-06-16', 'Drama');
```

В этом примере для столбца с датой задаётся указание `DEFAULT`, а не явное значение:


```
INSERT INTO films VALUES
('UA502', 'Bananas', 105, DEFAULT, 'Comedy', '82 minutes');
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, DEFAULT, 'Drama');
```

Добавление строки, полностью состоящей из значений по умолчанию:

```
INSERT INTO films DEFAULT VALUES;
```

Добавление нескольких строк с использованием многострочного синтаксиса VALUES:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind) VALUES
('B6717', 'Tampopo', 110, '1985-02-10', 'Comedy'),
('HG120', 'The Dinner Game', 140, DEFAULT, 'Comedy');
```

В этом примере в таблицу `films` вставляются некоторые строки из таблицы `tmp_films`, имеющей ту же структуру столбцов, что и `films`:

```
INSERT INTO films SELECT * FROM tmp_films WHERE date_prod < '2004-05-07';
```

Этот пример демонстрирует добавление данных в столбцы с типом массива:

```
-- Создание пустого поля 3x3 для игры в крестики-нолики
INSERT INTO tictactoe (game, board[1:3][1:3])
VALUES (1, '{{" ", " ", " ", " "},{ " ", " ", " ", " "},{ " ", " ", " ", " "}}');
-- Указания индексов в предыдущей команда могут быть опущены
INSERT INTO tictactoe (game, board)
VALUES (2, '{{X, " ", " ", " "},{ " ", O, " ", " "},{ " ", X, " ", " "}}');
```

Добавление одной строки в таблицу `distributors` и получение последовательного номера, сгенерированного благодаря указанию DEFAULT:

```
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (DEFAULT, 'XYZ Widgets')
RETURNING did;
```

Увеличение счётчика продаж для продавца, занимающегося компанией Acme Corporation, и сохранение всей изменённой строки вместе с текущим временем в таблице журнала:

```
WITH upd AS (
UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 WHERE id =
(SELECT sales_person FROM accounts WHERE name = 'Acme Corporation')
RETURNING *
)
INSERT INTO employees_log SELECT *, current_timestamp FROM upd;
```

Добавить дистрибьюторов или изменить существующие данные должным образом. Предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did`. Обратите внимание, что для обращения к значениям, изначально предлагаемым для добавления, используется специальная таблица `excluded`:

```
INSERT INTO distributors (did, dname)
VALUES (5, 'Gizmo Transglobal'), (6, 'Associated Computing, Inc')
ON CONFLICT (did) DO UPDATE SET dname = EXCLUDED.dname;
```

Добавить дистрибьютора или не делать ничего для строк, предложенных для добавления, если уже есть существующая исключаяющая строка (строка, содержащая конфликтующие значения в столбце или столбцах после срабатывания триггеров перед добавлением строки). В данном примере предполагается, что определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did`:

```
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (7, 'Redline GmbH')
ON CONFLICT (did) DO NOTHING;
```

Добавить дистрибьюторов или изменить существующие данные должным образом. В данном примере предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в

столбце `did`. Предложение `WHERE` позволяет ограничить набор фактически изменяемых строк (однако любая существующая строка, не подлежащая изменению, всё же будет заблокирована):

```
-- Не менять данные существующих дистрибьюторов в зависимости от почтового индекса
INSERT INTO distributors AS d (did, dname) VALUES (8, 'Anvil Distribution')
    ON CONFLICT (did) DO UPDATE
    SET dname = EXCLUDED.dname || ' (formerly ' || d.dname || ')'
    WHERE d.zipcode <> '21201';

-- Указать имя ограничения непосредственно в операторе (связанный индекс
-- применяется для принятия решения о выполнении действия DO NOTHING)
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (9, 'Antwerp Design')
    ON CONFLICT ON CONSTRAINT distributors_pkey DO NOTHING;
```

Добавить дистрибьютора, если возможно; в противном случае не делать ничего (`DO NOTHING`). В данном примере предполагается, что в таблице определён уникальный индекс, ограничивающий значения в столбце `did` по подмножеству строк, в котором булевский столбец `is_active` содержит `true`:

```
-- Этот оператор может выбрать частичный уникальный индекс по "did"
-- с предикатом "WHERE is_active", а может и просто использовать
-- обычное ограничение уникальности по столбцу "did"
INSERT INTO distributors (did, dname) VALUES (10, 'Conrad International')
    ON CONFLICT (did) WHERE is_active DO NOTHING;
```

Совместимость

`INSERT` соответствует стандарту SQL, но предложение `RETURNING` относится к расширениям PostgreSQL, как и возможность применять `WITH` с `INSERT` и возможность задавать альтернативное действие с `ON CONFLICT`. Кроме того, ситуация, когда список столбцов опущен, но не все столбцы получают значения из предложения `VALUES` или *запроса*, стандартом не допускается.

В стандарте SQL говорится, что предложение `OVERRIDING SYSTEM VALUE` может присутствовать, только если существует столбец идентификации, для которого всегда генерируется значение. PostgreSQL допускает это предложение в любом случае и игнорирует его в случае неприменимости.

Возможные ограничения предложения *запрос* описаны в справке `SELECT`.

LISTEN

LISTEN — ожидать уведомления

Синтаксис

```
LISTEN канал
```

Описание

LISTEN регистрирует текущий сеанс для получения уведомления через канал с заданным именем (*канал*). Если текущий сеанс уже зарегистрирован и ожидает уведомления через этот канал, ничего не происходит.

Когда вызывается команда NOTIFY *канал* (в текущем или другом сеансе, подключённом к той же базе данных), все сеансы, ожидающие уведомления через заданный канал, получают уведомление и каждый, в свою очередь, передаёт его подключённому клиентскому приложению.

Сеанс может отказаться от получения уведомлений через определённый канал с помощью команды UNLISTEN. Кроме того, подписка на любые уведомления автоматически отменяется при завершении сеанса.

Способ получения уведомлений клиентским приложением определяется программным интерфейсом PostgreSQL, который оно использует. Приложение, использующее библиотеку libpq, выполняет команду LISTEN как обычную команду SQL, а затем оно должно периодически вызывать функцию PQnotifies, чтобы проверить, не поступили ли новые уведомления. Другие интерфейсы, например libpqctl, предоставляют более высокоуровневые методы для обработки событий уведомлений; на самом деле с libpqctl разработчик приложения даже не должен непосредственно выполнять команды LISTEN и UNLISTEN. За дополнительными подробностями обратитесь к документации интерфейса, который вы используете.

В описании NOTIFY использование LISTEN и NOTIFY рассматривается более подробно.

Параметры

канал

Имя канала уведомлений (любой идентификатор).

Замечания

LISTEN начинает действовать при фиксировании транзакции. Если LISTEN или UNLISTEN выполняется в транзакции, которая затем откатывается, состояние подписки этого сеанса на уведомления не меняется.

Транзакция, в которой выполняется LISTEN, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

Примеры

Демонстрация процедуры ожидания/получения уведомления в psql:

```
LISTEN virtual;  
NOTIFY virtual;  
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
```

Совместимость

Оператор LISTEN отсутствует в стандарте SQL.

См. также

NOTIFY, UNLISTEN

LOAD

LOAD — загрузить файл разделяемой библиотеки

Синтаксис

```
LOAD 'имя_файла'
```

Описание

Эта команда загружает файл разделяемой библиотеки в адресное пространство сервера PostgreSQL. Если указанный файл был загружен ранее, эта команда не делает ничего. Файлы библиотек, содержащие функции на C, загружаются автоматически при первом вызове любой из этих функций. Поэтому явно выполнять `LOAD` обычно требуется только для загрузки библиотек, которые изменяют поведение сервера, внедряя свои обработчики, а не предоставляют некоторый набор функций.

Имя файла библиотеки обычно задаётся собственно именем файла, а полный путь определяется при просмотре пути поиска библиотек сервера (задаваемого в `dynamic_library_path`). Также в качестве имени может быть передан непосредственно полный путь. В любом случае расширение имени файла, стандартное для файлов разделяемых библиотек на данной платформе, можно опустить. Дополнительную информацию по этой теме можно найти в Подразделе 38.10.1.

Обычные пользователи (не суперпользователи) могут использовать `LOAD` только для загрузки файлов библиотек, расположенных в `$libdir/plugins/` — заданное *имя_файла* должно начинаться именно с этой строки. (Ответственность за то, чтобы в этом каталоге находились только «безопасные» библиотеки, лежит на администраторе баз данных.)

Совместимость

`LOAD` является расширением PostgreSQL.

См. также

`CREATE FUNCTION`

LOCK

LOCK — заблокировать таблицу

Синтаксис

```
LOCK [ TABLE ] [ ONLY ] имя [ * ] [, ...] [ IN режим_блокировки MODE ] [ NOWAIT ]
```

Где *режим_блокировки* может быть следующим:

```
ACCESS SHARE | ROW SHARE | ROW EXCLUSIVE | SHARE UPDATE EXCLUSIVE  
| SHARE | SHARE ROW EXCLUSIVE | EXCLUSIVE | ACCESS EXCLUSIVE
```

Описание

LOCK TABLE получает блокировку на уровне таблицы, при необходимости ожидая освобождения таблицы от других конфликтующих блокировок. Если указано NOWAIT, LOCK TABLE не ждёт, пока таблица освободится: если блокировку нельзя получить немедленно, команда прерывается и выдаётся ошибка. Как только блокировка получена, она удерживается до завершения текущей транзакции. (Команды UNLOCK TABLE не существует; блокировки всегда освобождаются в конце транзакции.)

Когда блокируется представление, блокировка с тем же режимом рекурсивно распределяется на все отношения, фигурирующие в определяющем представлении запросе.

Запрашивая автоматические блокировки для команд, работающих с таблицами, PostgreSQL всегда выбирает наименее ограничивающий режим блокировки из возможных. Оператор LOCK TABLE предназначен для случаев, когда требуется более сильная блокировка. Например, предположим, что приложение выполняет транзакцию на уровне изоляции READ COMMITTED и оно должно получать неизменные данные на протяжении всей транзакции. Для достижения этой цели можно получить для таблицы блокировку в режиме SHARE, прежде чем обращаться к ней. В результате параллельные изменения данных будут исключены и при последующих чтениях будет получено стабильное представление зафиксированных данных, так как режим блокировки SHARE конфликтует с блокировкой ROW EXCLUSIVE, запрашиваемой при записи, а LOCK TABLE *имя* IN SHARE MODE будет ждать, пока параллельные транзакции с блокировкой ROW EXCLUSIVE не будут зафиксированы или отменены. Таким образом, в момент получения такой блокировки не останется ни одной открытой незафиксированной операции записи; кроме того, никто не сможет записывать в таблицу, пока блокировка не будет снята.

Чтобы получить похожий эффект в транзакции на уровне изоляции REPEATABLE READ или SERIALIZABLE, необходимо выполнить оператор LOCK TABLE перед первым SELECT или оператором, изменяющим данные. Представление данных для транзакции уровня REPEATABLE READ или SERIALIZABLE будет заморожено в момент, когда начнёт выполняться этот запрос. Если команда LOCK TABLE выполняется в транзакции позже, она так же исключает параллельную запись, но не даёт гарантии, что транзакция будет читать последние зафиксированные данные.

Если в транзакции такого рода требуется изменять данные в таблице, для неё следует использовать режим блокировки SHARE ROW EXCLUSIVE вместо SHARE. Этот режим гарантирует, что в один момент времени будет выполняться только одна транзакция такого типа. Без этого ограничения возможна взаимоблокировка: две транзакции могут одновременно получить блокировки SHARE, после чего они не смогут получить блокировку ROW EXCLUSIVE, чтобы собственно выполнить изменения. (Заметьте, что собственные блокировки транзакции никогда не конфликтуют, так что транзакция может получить блокировку ROW EXCLUSIVE, когда она владеет блокировкой SHARE — но не тогда, когда блокировку SHARE удерживает другая транзакция.) Чтобы не допустить взаимоблокировок, убедитесь, что все транзакции запрашивают блокировки одних объектов в одинаковом порядке, и если для одного объекта запрашиваются блокировки в разных режимах, транзакции всегда должны запрашивать самую строгую блокировку.

Дополнительно о режимах и стратегиях блокировки можно узнать в Разделе 13.3.

Параметры

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы, для которой запрашивается блокировка. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, блокируется только заданная таблица. Без `ONLY` блокируется и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

Команда `LOCK TABLE a, b;` равнозначна последовательности `LOCK TABLE a; LOCK TABLE b;`. Таблицы блокируются по одной в порядке, заданном в команде `LOCK TABLE`.

режим_блокировки

Режим блокировки определяет, с какой блокировкой будет конфликтовать данная. Режимы блокировок описаны в Разделе 13.3.

Если режим блокировки не указан, применяется самый строгий режим, `ACCESS EXCLUSIVE`.

`NOWAIT`

Указывает, что `LOCK TABLE` не должна ожидать освобождения конфликтующих блокировок: если запрошенная блокировка не может быть получена немедленно, транзакция прерывается.

Замечания

`LOCK TABLE ... IN ACCESS SHARE MODE` требует наличия права `SELECT` в целевой таблице. `LOCK TABLE ... IN ROW EXCLUSIVE MODE` требует наличия прав `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE` для целевой таблицы. Все другие формы `LOCK` требуют наличия права `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE` на уровне таблицы.

Пользователь, выполняющий операцию блокировки представления, должен иметь соответствующее право для этого представления. Кроме того, владелец представления должен иметь сопутствующие права в нижележащих базовых отношениях, хотя пользователь, устанавливающую блокировку, может этих прав не иметь.

Вне блока транзакции команда `LOCK TABLE` бесполезна: блокировка сохранится только до завершения операции. Поэтому PostgreSQL выдаёт ошибку при попытке применить `LOCK` не в блоке транзакции. Чтобы определить блок транзакции, используйте `BEGIN` и `COMMIT` (или `ROLLBACK`).

`LOCK TABLE` может устанавливать только блокировки на уровне таблицы, так что все имена режимов, включающие слово `ROW` (строка), не совсем корректны. Следует воспринимать их так, что в этих режимах пользователь намеревается получать в заблокированной таблице блокировки уровня строк. Также учтите, что в режиме `ROW EXCLUSIVE` устанавливается разделяемая блокировка таблицы. Заметьте, что применительно к `LOCK TABLE` все режимы блокировки действуют одинаково, отличаются только правила, определяющие, какой режим с каким конфликтует. Чтобы узнать, как получить блокировку именно на уровне строк, обратитесь к Подразделу 13.3.2 и Подразделу «Предложение блокировки» в справочной документации `SELECT`.

Примеры

Получение блокировки `SHARE` для первичного ключа таблицы при добавлении записи в подчинённую таблицу:

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE MODE;
SELECT id FROM films
  WHERE name = 'Star Wars: Episode I - The Phantom Menace';
```

```
-- Если запись не будет возвращена, произойдёт откат транзакции
INSERT INTO films_user_comments VALUES
    (_id_, 'GREAT! I was waiting for it for so long!');
COMMIT WORK;
```

Установление блокировки SHARE ROW EXCLUSIVE в таблице первичного ключа перед выполнением операции удаления:

```
BEGIN WORK;
LOCK TABLE films IN SHARE ROW EXCLUSIVE MODE;
DELETE FROM films_user_comments WHERE id IN
    (SELECT id FROM films WHERE rating < 5);
DELETE FROM films WHERE rating < 5;
COMMIT WORK;
```

Совместимость

Команда `LOCK TABLE` отсутствует в стандарте SQL, в нём уровни изоляции транзакции определяются командой `SET TRANSACTION`. PostgreSQL поддерживает и этот вариант; подробнее это описано в `SET TRANSACTION`.

За исключением `ACCESS SHARE`, `ACCESS EXCLUSIVE` и `SHARE UPDATE EXCLUSIVE`, режимы блокировки в PostgreSQL и синтаксис `LOCK TABLE` совместимы с теми, что представлены в СУБД Oracle.

MOVE

MOVE — переместить курсор

Синтаксис

```
MOVE [ direction [ FROM | IN ] ] имя_курсора
```

Здесь *direction* может быть пустым или принимать следующее значение:

```
NEXT
PRIOR
FIRST
LAST
ABSOLUTE число
RELATIVE число
число
ALL
FORWARD
FORWARD число
FORWARD ALL
BACKWARD
BACKWARD число
BACKWARD ALL
```

Описание

MOVE перемещает курсор, не получая данные. Команда MOVE работает точно так же, как FETCH, но она не возвращает данные строк, а только перемещает курсор.

Команда MOVE поддерживает те же параметры, что и FETCH; за подробным описанием её синтаксиса и использования обратитесь к FETCH.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, MOVE возвращает метку команды в виде

```
MOVE число
```

Здесь *число* показывает количество строк, которое бы выдала команда FETCH с такими же параметрами (оно может быть нулевым).

Примеры

```
BEGIN WORK;
DECLARE liahona CURSOR FOR SELECT * FROM films;

-- Пропустить первые 5 строк:
MOVE FORWARD 5 IN liahona;
MOVE 5

-- Выбрать 6-ую строку из курсора liahona:
FETCH 1 FROM liahona;
  code | title  | did | date_prod | kind  | len
-----+-----+-----+-----+-----+-----
  P_303 | 48 Hrs  | 103 | 1982-10-22 | Action | 01:37
(1 row)
```

```
-- Закрыть курсор liahona и завершить транзакцию:  
CLOSE liahona;  
COMMIT WORK;
```

Совместимость

Оператор `MOVE` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`CLOSE`, `DECLARE`, `FETCH`

NOTIFY

NOTIFY — сгенерировать уведомление

Синтаксис

NOTIFY канал [, сообщение]

Описание

Команда NOTIFY отправляет событие уведомления вместе с дополнительной строкой «сообщения» всем клиентским приложениям, которые до этого выполнили в текущей базе данных LISTEN канал с указанным именем канала. Уведомления видны всем пользователям.

NOTIFY предоставляет простой механизм межпроцессного взаимодействия для множества процессов, работающих с одной базой данных PostgreSQL. Вместе с уведомлением может быть передана строка сообщения, а передавая дополнительные данные через таблицы базы данных, можно создать более высокоуровневые механизмы обмена структурированными данными.

Информация, передаваемая клиенту с уведомлением, включает имя канала уведомлений, PID серверного процесса, управляющего сеансом, который выдал уведомление, и строку сообщения (она будет пустой, если сообщение не задано).

Выбор подходящих имён каналов и их назначения — дело проектировщика базы данных. Обычно имя канала совпадает с именем какой-либо таблицы в базе, а событие уведомления по сути означает «я изменила эту таблицу, посмотрите, что она содержит теперь». Однако команды NOTIFY и LISTEN не навязывают именно такой подход. Например, проектировщик базы данных может выбрать разные имена каналов, чтобы сигнализировать о разных типах изменений в одной таблице. Кроме того, строку сообщения тоже можно использовать для выделения различных событий.

Если требуется сигнализировать о факте изменений в определённой таблице, используя NOTIFY, можно применить полезный программный приём — поместить NOTIFY в триггер уровня оператора, который будет срабатывать при изменениях в таблице. При таком подходе уведомление будет выдаваться автоматически, так что прикладной программист не рискует случайно оставить какое-либо изменение без уведомления.

Транзакции оказывают значительное влияние на работу NOTIFY. Во-первых, если NOTIFY выполняется внутри транзакции, уведомления доставляются получателям после фиксирования транзакции и только в этом случае. Это разумно, так как в случае прерывания транзакции действие всех команд в ней аннулируется, включая NOTIFY. Однако это может обескуражить тех, кто ожидает, что уведомления будут приходить немедленно. Во-вторых, если ожидающий сеанс получает уведомление внутри транзакции, это событие не будет доставлено подключённому клиенту до завершения (фиксации или отката) транзакции. Это опять же объясняется тем, что если уведомление будет доставлено в рамках транзакции, которая затем будет прервана, может возникнуть желание как-то отменить его — но сервер не может «забрать назад» уведомление после того, как оно было отправлено клиенту. Поэтому уведомления доставляются только между транзакциями. Учитывая вышесказанное, в приложениях, применяющих NOTIFY для сигнализации в реальном времени, следует минимизировать размер транзакций.

Если в рамках одной транзакции в один канал поступило несколько уведомлений с одинаковым сообщением, сервер может решить доставить только одно уведомление. Если же сообщения различаются, уведомления будут всегда доставлены по отдельности. Так же уведомления, поступающие от разных транзакций, никогда не будут объединены в одно. Не считая фильтрации последующих экземпляров дублирующихся уведомлений, NOTIFY гарантирует, что уведомления от одной транзакции всегда поступают в том же порядке, в каком были отправлены. Также гарантируется, что сообщения от разных транзакций поступают в порядке фиксации этих транзакций.

Часто бывает, что клиент, выполнивший NOTIFY, ожидает уведомления на этом же канале. В этом случае он получит своё же уведомление, как и любой другой сеанс, ожидающий уведомления. В

зависимости от логики приложения, это может привести к бессмысленным операциям, например, поиску изменений в таблице, которые и были внесены этим же сеансом. Этой дополнительной работы можно избежать, если проверить, не совпадает ли PID сигнализирующего процесса (указанный в данных события) с собственным PID сеанса (его можно узнать, обратившись к `libpq`). Если они совпадают, значит сеанс получил уведомление о собственных действиях, так что его можно игнорировать.

Параметры

канал

Имя канала для передачи уведомления (любой идентификатор).

сообщение

Строка «сообщения», которая будет передана вместе с уведомлением. Она должна задаваться простой текстовой константой. В стандартной конфигурации её длина должна быть меньше 8000 байт. (Если требуется передать двоичные данные или большой объём информации, лучше поместить их в таблицу базы данных и передать ключ этой записи.)

Замечания

Уведомления, которые были отправлены, но ещё не обработаны всеми ожидающими сеансами, содержатся в очереди. Если эта очередь переполняется, транзакции, в которых вызывается `NOTIFY`, будут завершены ошибкой при попытке фиксации. Очередь довольно велика (8 ГБ в стандартной конфигурации), так что её размера должно хватать практически во всех случаях, но если в сеансе выполняется `LISTEN`, а затем продолжается очень длительная транзакция, очередь не очищается. Как только эта очередь заполняется наполовину, в журнал записываются предупреждения, в которых указывается, какой сеанс препятствует очистке очереди. В этом случае следует добиться завершения текущей транзакции в указанном сеансе, чтобы очередь была очищена.

Функция `pg_notification_queue_usage` показывает, какой процент очереди в данный момент занят ожидающими уведомлениями. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 9.25.

Транзакция, в которой выполняется `NOTIFY`, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

pg_notify

Также отправить уведомление можно, используя функцию `pg_notify(text, text)`. Эта функция принимает в первом аргументе имя канала, а во втором текст сообщения. Гораздо удобнее использовать её, когда требуется работать с динамическими именами каналов и сообщениями.

Примеры

Демонстрация процедуры ожидания/получения уведомления в `psql`:

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
NOTIFY virtual, 'This is the payload';
Asynchronous notification "virtual" with payload "This is the payload" received from
server process with PID 8448.

LISTEN foo;
SELECT pg_notify('fo' || 'o', 'pay' || 'load');
Asynchronous notification "foo" with payload "payload" received from server process
with PID 14728.
```

Совместимость

Оператор `NOTIFY` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

LISTEN, UNLISTEN

PREPARE

PREPARE — подготовить оператор к выполнению

Синтаксис

```
PREPARE имя [ ( тип_данных [, ...] ) ] AS оператор
```

Описание

PREPARE создаёт подготовленный оператор. Подготовленный оператор представляет собой объект на стороне сервера, позволяющий оптимизировать производительность приложений. Когда выполняется PREPARE, указанный оператор разбирается, анализируется и переписывается. При последующем выполнении команды EXECUTE подготовленный оператор планируется и исполняется. Такое разделение труда исключает повторный разбор запроса, при этом позволяет выбрать наилучший план выполнения в зависимости от определённых значений параметров.

Подготовленные операторы могут принимать параметры — значения, которые подставляются в оператор, когда он собственно выполняется. При создании подготовленного оператора к этим параметрам можно обращаться по порядковому номеру, используя запись \$1, \$2 и т. д. Дополнительно можно указать список соответствующих типов данных параметров. Если тип данных параметра не указан или объявлен как unknown (неизвестный), тип выводится из контекста при первом обращении к этому параметру (если это возможно). При выполнении оператора фактические значения параметров передаются команде EXECUTE. За подробностями обратитесь к EXECUTE.

Подготовленные операторы существуют только в рамках текущего сеанса работы с БД. Когда сеанс завершается, система забывает подготовленный оператор, так что его надо будет создать снова, чтобы использовать дальше. Это также означает, что один подготовленный оператор не может использоваться одновременно несколькими клиентами базы данных; но каждый клиент может создать собственный подготовленный оператор и использовать его. Освободить подготовленный оператор можно вручную, выполнив команду DEALLOCATE.

Подготовленные операторы потенциально дают наибольший выигрыш в производительности, когда в одном сеансе выполняется большое число одностипных операторов. Отличие в производительности особенно значительно, если операторы достаточно сложны для планирования или перезаписи, например, когда в запросе объединяется множество таблиц или необходимо применить несколько правил. Если оператор относительно прост в этом плане, но сложен для выполнения, выигрыш от использования подготовленных операторов будет менее заметным.

Параметры

имя

Произвольное имя, назначаемое данному подготовленному оператору. Оно должно быть уникальным в рамках одного сеанса; это имя затем используется для выполнения или освобождения ранее подготовленного оператора.

тип_данных

Тип данных параметра подготовленного оператора. Если тип данных конкретного параметра не задан или задан как unknown, он будет выводиться из контекста при первом обращении к этому параметру. Для обращения к параметрам в самом подготовленном операторе используется запись \$1, \$2 и т. д.

оператор

Любой оператор SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE или VALUES.

Замечания

Подготовленные операторы могут использовать общие планы, а не перестраивать план для каждого набора переданных значений `EXECUTE`. Для подготовленных операторов без параметров это происходит сразу; иначе общий план выбирается после пяти и более выполнений, при которых получаются планы с ожидаемой средней стоимостью (включая издержки планирования), превышающей оценку стоимости общего плана. Когда общий план выбран, он будет использоваться до конца жизни подготовленного оператора. При использовании значений `EXECUTE`, которые редко встречаются в столбцах со множеством дублирующихся значений, могут быть построены специализированные планы настолько выгоднее общего плана, что даже с издержками планирования общий план может не использоваться никогда.

Для общего плана предполагается, что значения, передаваемые в `EXECUTE`, являются уникальными значениями в столбце и что эти значения распределены равномерно. Например, если в статистике записаны три различных значения столбца, с общим планом предполагается, что проверке на равенство для столбца будут соответствовать 33% обработанных строк. Статистика по столбцам также позволяет общим планам точно вычислять избирательность для уникальных столбцов. Сравнения по столбцам с неоднородным распределением и указания несуществующих значений влияют на среднюю стоимость плана и следовательно, на то, будет ли выбран общий план и когда.

Чтобы узнать, какой план выполнения выбирает PostgreSQL для подготовленного оператора, воспользуйтесь `EXPLAIN` (например, напишите `EXPLAIN EXECUTE`). Если применяется общий план, он будет содержать символы параметров `$n`, тогда как в специализированном плане будут подставлены фактические значения параметров. Оценки строк в общем плане отражают избирательность, вычисленную для конкретных параметров.

Более подробно о планировании запросов и статистике, которую собирает PostgreSQL для этих целей, можно узнать в документации `ANALYZE`.

Хотя основной смысл подготовленных операторов в том, чтобы избежать многократного разбора и планирования оператора, PostgreSQL будет принудительно заново анализировать и планировать выполнение оператора всякий раз, когда объекты базы данных, задействованные в операторе, подвергаются изменениям определения (DDL) со времени предыдущего использования подготовленного оператора. Кроме того, если от одного использования оператора к другому меняется значение `search_path`, оператор будет так же разобран заново с новым `search_path`. (Последнее поведение появилось в PostgreSQL 9.3.) С этими правилами использование подготовленного оператора по сути почти не отличается от выполнения одного и того же запроса снова и снова, но даёт выигрыш по скорости (если определения объектов не меняются), особенно если оптимальный план от раза к разу не меняется. Однако различия всё же могут проявиться — например, когда оператор обращается к таблице по неполному имени, а затем в схеме, стоящей в пути `search_path` раньше, создаётся другая таблица с таким же именем, автоматический пересмотр запроса не происходит, так как никакой объект в определении оператора не изменился. Однако, если автоматический пересмотр произойдёт в результате других изменений, при последующем выполнении запроса будет задействована новая таблица.

Получить список всех доступных в сеансе подготовленных операторов можно, обратившись к системному представлению `pg_prepared_statements`.

Примеры

Создание подготовленного оператора для команды `INSERT`, который затем выполняется:

```
PREPARE fooplan (int, text, bool, numeric) AS
  INSERT INTO foo VALUES($1, $2, $3, $4);
EXECUTE fooplan(1, 'Hunter Valley', 't', 200.00);
```

Создание подготовленного оператора для команды `SELECT`, который затем выполняется:

```
PREPARE usrrptplan (int) AS
  SELECT * FROM users u, logs l WHERE u.usrid=$1 AND u.usrid=l.usrid
```

```
AND l.date = $2;  
EXECUTE usrrptplan(1, current_date);
```

Заметьте, что тип данных второго параметра не указывается, так что он выводится из контекста, в котором используется \$2.

Совместимость

В стандарте SQL есть оператор `PREPARE`, но он предназначен только для применения во встраиваемом SQL. Эта версия оператора `PREPARE` имеет также несколько другой синтаксис.

См. также

DEALLOCATE, EXECUTE

PREPARE TRANSACTION

PREPARE TRANSACTION — подготовить текущую транзакцию для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
PREPARE TRANSACTION id_транзакции
```

Описание

PREPARE TRANSACTION подготавливает текущую транзакцию для двухфазной фиксации. После этой команды транзакция перестаёт быть связанной с текущим сеансом; её состояние полностью сохраняется на диске, и есть очень большая вероятность, что она будет успешно зафиксирована, даже если до этого времени работа базы данных будет прервана аварийно.

Подготовленную транзакцию затем можно зафиксировать или отменить командами COMMIT PREPARED и ROLLBACK PREPARED, соответственно. Эти команды можно вызывать из любого сеанса, не только из того, в котором эта транзакция создавалась.

С точки зрения сеанса, выполняющего команду, PREPARE TRANSACTION не отличается от ROLLBACK: после её выполнения не активна никакая транзакция, а результат действия подготовленной транзакции становится невидимым (Он окажется видимым снова, если транзакция будет зафиксирована.)

Если при выполнении команды PREPARE TRANSACTION по какой-то причине происходит сбой, команда действует как ROLLBACK: текущая транзакция откатывается.

Параметры

id_транзакции

Произвольный идентификатор, по которому затем на эту транзакцию будут ссылаться команды COMMIT PREPARED или ROLLBACK PREPARED. Идентификатор должен задаваться строковой константой не длиннее 200 байтов и должен отличаться от идентификаторов любых других подготовленных на данный момент транзакций.

Замечания

PREPARE TRANSACTION не предназначена для использования в приложениях или интерактивных сеансах. Её задача — дать возможность внешнему менеджеру транзакций выполнять атомарные глобальные транзакции, охватывающие несколько баз данных или другие транзакционные ресурсы. Обычно применять PREPARE TRANSACTION следует только при разработке собственного менеджера транзакций.

Эта команда должна выполняться внутри блока транзакции. Начинает блок транзакции команда BEGIN.

В настоящее время команда PREPARE неспособна подготавливать транзакции, в которых выполнялись какие-либо действия с временными таблицами, создавались курсоры WITH HOLD либо выполнялись команды LISTEN, UNLISTEN или NOTIFY. Эти функции слишком тесно связаны с текущим сеансом, так что в подготовленной транзакции они не были бы полезны.

Если транзакция меняет какие-либо параметры времени выполнения командой SET (без указания LOCAL), их значения сохраняются после PREPARE TRANSACTION и не зависят от последующих команд COMMIT PREPARED и ROLLBACK PREPARED. Так что в этом отношении PREPARE TRANSACTION больше похожа на COMMIT, чем на ROLLBACK.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении pg_prepared_xacts.

Внимание

Оставлять транзакции в подготовленном состоянии на долгое время не рекомендуется. Это повлияет на способность команды `VACUUM` высвобождать пространство, а в крайнем случае может привести к отключению базы данных для предотвращения заикливания ID транзакций (см. Подраздел 24.1.5). Также учтите, что транзакция продолжит удерживать все свои блокировки. Это сделано с расчётом на то, что подготовленная транзакция будет зафиксирована или отменена как только внешний менеджер транзакций убедится, что все другие базы данных так же готовы к фиксации.

В отсутствие настроенного внешнего менеджера транзакций, который бы отслеживал подготовленные транзакции и своевременно закрывал их, лучше вообще отключить поддержку подготовленных транзакций, установив `max_prepared_transactions` равным нулю. Это не позволит случайно создать подготовленные транзакции, которые могут быть забыты и в конце концов станут причиной проблем.

Примеры

Текущая транзакция подготавливается для двухфазной фиксации, при этом ей назначается идентификатор `foobar`:

```
PREPARE TRANSACTION 'foobar';
```

Совместимость

Оператор `PREPARE TRANSACTION` является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

`COMMIT PREPARED`, `ROLLBACK PREPARED`

REASSIGN OWNED

REASSIGN OWNED — сменить владельца объектов базы данных, принадлежащих заданной роли

Синтаксис

```
REASSIGN OWNED BY { старая_роль | CURRENT_USER | SESSION_USER } [, ...]  
TO { новая_роль | CURRENT_USER | SESSION_USER }
```

Описание

REASSIGN OWNED указывает системе сменить владельца объектов баз данных, принадлежащих одной из *старых_ролей*, на *новую_роль*.

Параметры

старая_роль

Имя роли. Все объекты в текущей базе данных и все общие объекты (базы данных, табличные пространства), принадлежащие этой роли, станут принадлежать *новой_роли*.

новая_роль

Имя роли, которая станет новым владельцем затронутых объектов.

Замечания

REASSIGN OWNED часто применяется при подготовке к удалению одной или нескольких ролей. Так как команда REASSIGN OWNED затрагивает объекты только в текущей базе данных, обычно её нужно выполнять в каждой базе данных, которая содержит объекты, принадлежащие удаляемой роли.

Для выполнения REASSIGN OWNED необходимо быть членом и исходной, и целевой роли.

Команда DROP OWNED предлагает альтернативное решение, просто удаляя все объекты в базе данных, принадлежащие одной или нескольким заданным ролям.

Команда REASSIGN OWNED не затрагивает никакие права, которые даны *старым_ролям* для объектов, им не принадлежащим. Отозвать эти права можно, воспользовавшись командой DROP OWNED.

За подробностями обратитесь к Разделу 21.4.

Совместимость

Оператор REASSIGN OWNED является расширением PostgreSQL.

См. также

DROP OWNED, DROP ROLE, ALTER DATABASE

REFRESH MATERIALIZED VIEW

REFRESH MATERIALIZED VIEW — заменить содержимое материализованного представления

Синтаксис

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW [ CONCURRENTLY ] имя  
[ WITH [ NO ] DATA ]
```

Описание

REFRESH MATERIALIZED VIEW полностью заменяет содержимое материализованного представления. Эту команду разрешено выполнять только владельцам мат. представления. Старое его содержимое при этом аннулируется. Если добавлено указание WITH DATA (или нет никакого), нижележащий запрос выполняется и выдаёт новые данные, так что материализованное представление остаётся в сканируемом состоянии. Если указано WITH NO DATA, новые данные не выдаются, и оно оказывается в несканируемом состоянии.

Указать CONCURRENTLY вместе с WITH NO DATA нельзя.

Параметры

CONCURRENTLY

Обновить материализованное представление, не блокируя параллельные выборки из него. Без данного параметра обновление, затрагивающее много строк, обычно задействует меньше ресурсов и выполнится быстрее, но может препятствовать чтению этого материализованного представления другими сеансами. При этом данный режим может быть быстрее при небольшом количестве строк.

Данный параметр допускается, только если в материализованном представлении есть хотя бы один индекс UNIQUE, построенный только по именам столбцов и включающий все строки; то есть, в нём не должно быть выражений и предложений WHERE.

Этот параметр нельзя использовать, когда материализованное представление ещё не наполнено.

Даже с этим параметром в один момент времени допускается только одно обновление (REFRESH) материализованного представления.

имя

Имя (возможно, дополненное схемой) материализованного представления, подлежащего обновлению.

Замечания

Тогда как индекс по умолчанию для операций CLUSTER команда REFRESH MATERIALIZED VIEW сохраняет, она не упорядочивает генерируемые строки по нему. Если генерируемые данные необходимо упорядочить, в определяющем запросе нужно явно указать ORDER BY.

Примеры

Эта команда заменяет содержимое материализованного представления order_summary, используя запрос из определения материализованного представления, и оставляет его в сканируемом состоянии:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW order_summary;
```

Эта команда освобождает пространство, связанное с материализованным представлением annual_statistics_basis, и оставляет это представление в несканируемом состоянии:

```
REFRESH MATERIALIZED VIEW annual_statistics_basis WITH NO DATA;
```

Совместимость

REFRESH MATERIALIZED VIEW — расширение PostgreSQL.

См. также

CREATE MATERIALIZED VIEW, ALTER MATERIALIZED VIEW, DROP MATERIALIZED VIEW

REINDEX

REINDEX — перестроить индексы

Синтаксис

```
REINDEX [ ( VERBOSE ) ] { INDEX | TABLE | SCHEMA | DATABASE | SYSTEM } имя
```

Описание

REINDEX перестраивает индекс, обрабатывая данные таблицы, к которой относится индекс, и в результате заменяет старую копию индекса. Команда REINDEX применяется в следующих ситуациях:

- Индекс был повреждён, его содержимое стало некорректным. Хотя в теории этого не должно случаться, на практике индексы могут испортиться из-за программных ошибок или аппаратных сбоев. В таких случаях REINDEX служит методом восстановления индекса.
- Индекс стал «раздутым», то есть в нём оказалось много пустых или почти пустых страниц. Это может происходить с B-деревьями в PostgreSQL при определённых, достаточно редких сценариях использования. REINDEX даёт возможность сократить объём, занимаемый индексом, записывая новую версию индекса без «мёртвых» страниц. За подробностями обратитесь к Разделу 24.2.
- Параметр хранения индекса (например, фактор заполнения) был изменён, и теперь требуется, чтобы это изменение вступило в силу в полной мере.
- Построение индекса с параметром CONCURRENTLY завершилось ошибкой, в результате чего индекс оказался «нерабочим». Такие индексы бесполезны, но команда REINDEX предоставляет удобный способ перестроить их. Однако заметьте, что REINDEX перестраивает индекс не в параллельном режиме. Чтобы перестроить такой индекс, минимизируя влияние на производственную среду, его следует удалить, а затем снова выполнить команду CREATE INDEX CONCURRENTLY.

Параметры

INDEX

Перестраивает указанный индекс.

TABLE

Перестраивает все индексы в указанной таблице. Если у таблицы имеется дополнительная таблица «TOAST», она так же переиндексируется.

SCHEMA

Перестраивает все индексы в указанной схеме. Если таблица в этой схеме имеет вторичную таблицу «TOAST», она также будет переиндексирована. При этом обрабатываются и индексы в общих системных каталогах. Эту форму REINDEX нельзя выполнить в блоке транзакции.

DATABASE

Перестраивает все индексы в текущей базе данных. При этом обрабатываются также индексы в общих системных каталогах. Эту форму REINDEX нельзя выполнить в блоке транзакции.

SYSTEM

Перестраивает все индексы в системных каталогах текущей базы данных. При этом обрабатываются также индексы в общих системных каталогах, но индексы в таблицах пользователя не затрагиваются. Эту форму REINDEX нельзя выполнить в блоке транзакции.

ИМЯ

Имя определённого индекса, таблицы или базы данных, подлежащих переиндексации. В настоящее время `REINDEX DATABASE` и `REINDEX SYSTEM` могут переиндексировать только текущую базу данных, так что их параметр должен соответствовать имени текущей базы данных.

VERBOSE

Выводит отчёт о прогрессе после переиндексации каждого индекса.

Замечания

В случае подозрений в повреждении индекса таблицы пользователя, этот индекс или все индексы таблицы можно перестроить, используя команду `REINDEX INDEX` или `REINDEX TABLE`.

Всё усложняется, если возникает необходимость восстановить повреждённый индекс системной таблицы. В этом случае важно, чтобы система сама не использовала этот индекс. (На самом деле в таких случаях вы, скорее всего, столкнётесь с падением процессов сервера в момент запуска, как раз вследствие испорченных индексов.) Чтобы надёжно восстановить рабочее состояние, сервер следует запускать с параметром `-P`, который отключает использование индексов при поиске в системных каталогах.

Один из вариантов сделать это — выключить сервер PostgreSQL и запустить его снова в однопользовательском режиме, с параметром `-P` в командной строке. Затем можно выполнить `REINDEX DATABASE`, `REINDEX SYSTEM`, `REINDEX TABLE` или `REINDEX INDEX`, в зависимости от того, что вы хотите восстановить. В случае сомнений выполните `REINDEX SYSTEM`, чтобы перестроить все системные индексы в базе данных. Затем завершите однопользовательский сеанс сервера и перезапустите сервер в обычном режиме. Чтобы подробнее узнать, как работать с сервером в однопользовательском интерфейсе, обратитесь к справочной странице `postgres`.

Можно так же запустить обычный экземпляр сервера, но добавить в параметры командной строки `-P`. В разных клиентах это может делаться по-разному, но во всех клиентах на базе `libpq` можно установить для переменной окружения `PGOPTIONS` значение `-P` до запуска клиента. Учтите, что хотя этот метод не препятствует работе других клиентов, всё же имеет смысл не позволять им подключаться к повреждённой базе данных до завершения восстановления.

Действие `REINDEX` подобно удалению и пересозданию индекса в том смысле, что содержимое индекса пересоздаётся с нуля, но блокировки при этом устанавливаются другие. `REINDEX` блокирует запись, но не чтение родительской таблицы индекса. Эта команда также устанавливает исключительную блокировку для обрабатываемого индекса, что блокирует чтение таблицы, при котором задействуется этот индекс. `DROP INDEX`, напротив, моментально устанавливает исключительную блокировку на родительскую таблицу, блокируя и запись, и чтение. Последующая команда `CREATE INDEX` блокирует запись, но не чтение; так как индекс отсутствует, обращений к нему ни при каком чтении не будет, что означает, что блокироваться чтение не будет, но выполняться оно будет как дорогостоящее последовательное сканирование.

Для перестраивания одного индекса или индексов таблицы необходимо быть владельцем этого индекса или таблицы. Для переиндексирования схемы или базы данных необходимо быть владельцем этой схемы или базы. Заметьте, что вследствие этого в некоторых случаях не только суперпользователи могут перестраивать индексы таблиц, принадлежащих другим пользователям. Однако из этих правил есть исключение — когда команду `REINDEX DATABASE`, `REINDEX SCHEMA` или `REINDEX SYSTEM` выполняет не суперпользователь, индексы общих каталогов будут пропускаться, если только данный каталог не принадлежит этому пользователю (как правило, это так). Разумеется, суперпользователи могут переиндексировать всё без ограничений.

Переиндексирование секционированных таблиц или секционированных индексов не поддерживается. Переиндексировать можно каждую секцию по отдельности.

Примеры

Перестроение одного индекса:

```
REINDEX INDEX my_index;
```

Перестроение всех индексов таблицы `my_table`:

```
REINDEX TABLE my_table;
```

Перестроение всех индексов в определённой базе данных, в предположении, что целостность системных индексов под сомнением:

```
$ export PGOPTIONS="-P"
$ psql broken_db
...
broken_db=> REINDEX DATABASE broken_db;
broken_db=> \q
```

Совместимость

Команда `REINDEX` отсутствует в стандарте SQL.

RELEASE SAVEPOINT

RELEASE SAVEPOINT — высвободить ранее определённую точку сохранения

Синтаксис

```
RELEASE [ SAVEPOINT ] имя_точки_сохранения
```

Описание

RELEASE SAVEPOINT уничтожает точку сохранения, определённую ранее в текущей транзакции.

После уничтожения точка сохранения становится неприменимой в качестве точки возврата, но никаких других проявлений, видимых для пользователя, эта команда не имеет. Она не отменяет эффекта команд, выполненных после установки точки сохранения. (Для этого предназначена команда ROLLBACK TO SAVEPOINT.) Уничтожение точки сохранения, когда она становится не нужна, позволяет системе освобождать некоторые ресурсы раньше, чем завершается транзакция.

RELEASE SAVEPOINT также уничтожает все точки сохранения, установленные после заданной точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Имя точки сохранения, подлежащей уничтожению.

Замечания

Указание имени точки сохранения, не определённой ранее, считается ошибкой.

Освободить точку сохранения в транзакции, находящейся в прерванном состоянии, нельзя.

Если одно имя дано нескольким точкам сохранения, освобождена будет только последняя из них.

Примеры

Этот пример показывает, как установить и затем уничтожить точку сохранения:

```
BEGIN;  
  INSERT INTO table1 VALUES (3);  
  SAVEPOINT my_savepoint;  
  INSERT INTO table1 VALUES (4);  
  RELEASE SAVEPOINT my_savepoint;  
COMMIT;
```

Данная транзакция вставит значения 3 и 4.

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL. В стандарте говорится, что ключевое слово SAVEPOINT является обязательным, но PostgreSQL позволяет опускать его.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK, ROLLBACK TO SAVEPOINT, SAVEPOINT

RESET

RESET — восстановить значение по умолчанию заданного параметра времени выполнения

Синтаксис

```
RESET параметр_конфигурации  
RESET ALL
```

Описание

RESET сбрасывает параметры времени выполнения к значениям по умолчанию. RESET — альтернативное написание команды

```
SET параметр_конфигурации TO DEFAULT
```

За подробностями обратитесь к SET.

Значение по умолчанию определяется как значение, которое имел бы этот параметр, если бы для него не выполнялась команда SET в текущем сеансе. Фактическое значение может быть задано в компилируемом коде, файле конфигурации, параметрах командной строки или в параметрах по умолчанию для базы данных или пользователя. Если определить его как «значение, которое имеет параметр в начале сеанса», это будет не вполне корректно, так как оно будет сброшено к тому, что задано в файле конфигурации в данный момент. За подробностями обратитесь к Главе 19.

Транзакционное поведение команды RESET не отличается от SET: её действие будет отменено при откате транзакции.

Параметры

параметр_конфигурации

Имя устанавливаемого параметра конфигурации времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и на справочной странице SET.

ALL

Сбрасывает к значениям по умолчанию все устанавливаемые параметры времени выполнения.

Примеры

Сброс конфигурационной переменной `timezone` к значению по умолчанию:

```
RESET timezone;
```

Совместимость

RESET является расширением PostgreSQL.

См. также

SET, SHOW

REVOKE

REVOKE — отозвать права доступа

Синтаксис

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | DELETE | TRUNCATE | REFERENCES | TRIGGER }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
    | ALL TABLES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { SELECT | INSERT | UPDATE | REFERENCES } ( имя_столбца [, ...] )
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] ( имя_столбца [, ...] ) }
ON [ TABLE ] имя_таблицы [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { USAGE | SELECT | UPDATE }
    [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { SEQUENCE имя_последовательности [, ...]
    | ALL SEQUENCES IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { { CREATE | CONNECT | TEMPORARY | TEMP } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON DATABASE имя_бд [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON DOMAIN имя_домена [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON FOREIGN DATA WRAPPER имя_обёртки_сторонних_данных [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON FOREIGN SERVER имя_сервера [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]
```

```
REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
    { EXECUTE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON { { FUNCTION | PROCEDURE | ROUTINE } имя_функции [ ( [ [ режим_аргумента ]
[ имя_аргумента ] тип_аргумента [, ...] ] ) ] [, ...]
```

```

        | ALL { FUNCTIONS | PROCEDURES | ROUTINES } IN SCHEMA имя_схемы [, ...] }
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON LANGUAGE имя_языка [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ { SELECT | UPDATE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON LARGE OBJECT oid_БО [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ { CREATE | USAGE } [, ...] | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON SCHEMA имя_схемы [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ CREATE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON TABLESPACE табл_пространство [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ GRANT OPTION FOR ]
{ USAGE | ALL [ PRIVILEGES ] }
ON TYPE имя_типа [, ...]
FROM { [ GROUP ] имя_роли | PUBLIC } [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

```

REVOKE [ ADMIN OPTION FOR ]
имя_роли [, ...] FROM имя_роли [, ...]
[ CASCADE | RESTRICT ]

```

Описание

Команда REVOKE лишает одну или несколько ролей прав, назначенных ранее. Ключевое слово PUBLIC обозначает неявно определённую группу всех ролей.

Различные типы прав подробно рассматриваются в описании команды GRANT.

Заметьте, что любая конкретная роль получает в сумме права, данные непосредственно ей, права, данные любой роли, в которую она включена, а также права, данные группе PUBLIC. Поэтому, например, лишение PUBLIC права SELECT не обязательно будет означать, что все роли лишатся права SELECT для данного объекта: оно сохранится у тех ролей, которым оно дано непосредственно или косвенно, через другую роль. Подобным образом, лишение права SELECT какого-либо пользователя может не повлиять на его возможность пользоваться правом SELECT, если это право дано группе PUBLIC или другой роли, в которую он включён.

Если указано GRANT OPTION FOR, отзывается только право передачи права, но не само право. Без этого указания отзывается и право, и право распоряжаться им.

Если пользователь обладает правом с правом передачи и он дал его другим пользователям, последнее право считается зависимым. Когда первый пользователь лишается самого права или права передачи и существуют зависимые права, эти зависимые права также отзываются, если допол-

нительно указано `CASCADE`; в противном случае операция завершается ошибкой. Это рекурсивное лишение прав затрагивает только права, полученные через цепочку пользователей, которую можно проследить до пользователя, являющегося субъектом команды `REVOKE`. Таким образом, пользователи могут в итоге сохранить это право, если оно было также получено через других пользователей.

Когда отзывается право доступа к таблице, с ним вместе автоматически отзываются соответствующие права для каждого столбца таблицы (если такие права заданы). С другой стороны, если роли были даны права для таблицы, лишение роли таких же прав на уровне отдельных столбцов ни на что не влияет.

При лишении пользователя членства в роли `GRANT OPTION` меняется на `ADMIN OPTION`, в остальном поведение команды похожее. Заметьте также, что эта форма команды не принимает избыточное слово `GROUP`.

Замечания

Для просмотра прав, назначенных для существующих таблиц и столбцов, можно воспользоваться командой `\dp` в `psql`. Формат её вывода рассматривается в описании `GRANT`. Для других, не табличных объектов предусмотрены другие команды `\d`, которые могут показывать в том числе и назначенные для них права.

Пользователь может отзывать только те права, которые он дал другому непосредственно. Если, например, пользователь А дал право с правом передачи пользователю В, а пользователь В, в свою очередь, дал это право пользователю С, то пользователь А не сможет лишить этого права непосредственно С. Вместо этого, пользователь А может лишить права передачи права пользователя В и использовать параметр `CASCADE`, чтобы этого права по цепочке лишился пользователь С. Или же, например, если и А, и В дали одно и то же право С, то А сможет отозвать право, которое дал он, но не пользователь В, так что в результате С всё равно будет иметь это право.

Если отозвать право доступа к объекту (с помощью `REVOKE`) попытается не владелец объекта, команда завершится ошибкой, если пользователь не имеет никаких прав для этого объекта. Если же пользователь имеет какие-то права, команда будет выполняться, но пользователь сможет отозвать только те права, которые даны ему с правом распоряжения ими. Формы `REVOKE ALL PRIVILEGES` будут выдавать предупреждение, если у него вовсе нет таких прав, тогда как другие формы будут выдавать предупреждения, если пользователь не имеет права распоряжаться именно правами, указанными в команде. (В принципе, эти утверждения применимы и к владельцу объекта, но ему разрешено распоряжаться всем правами, поэтому такие ситуации невозможны.)

Если команду `GRANT` или `REVOKE` выполняет суперпользователь, эта команда выполняется так, как будто её выполняет владелец затрагиваемого объекта. Так как все права в конце концов исходят от владельца объекта (возможно, косвенно по цепочке или через право распоряжением правом), суперпользователь может отозвать все права, но это может потребовать применения режима `CASCADE`, как описывалось выше.

`REVOKE` также может быть выполнена ролью, которая не является владельцем заданного объекта, но является членом роли-владельца, либо членом роли, имеющей права `WITH GRANT OPTION` для этого объекта. В этом случае команда будет выполнена, как если бы её выполняла содержащая роль, действительно владеющая объектом или имеющая права `WITH GRANT OPTION`. Например, если таблица `t1` принадлежит роли `g1`, членом которой является роль `u1`, то `u1` может отзывать права на использование `t1`, которые записаны как данные ролью `g1`. В том числе это могут быть права, данные ролью `u1`, а также другими членами роли `g1`.

Если роль, выполняющая команду `REVOKE`, получила указанные права косвенно по нескольким путям членства ролей, какая именно роль будет выбрана для выполнения команды, не определено. В таких случаях рекомендуется воспользоваться командой `SET ROLE` и переключиться на роль, которую хочется видеть в качестве выполняющей `REVOKE`. Если этого не сделать, могут быть отозваны не те права, что планировалось, либо отозвать права вообще не удастся.

Примеры

Лишение группы `public` права добавлять данные в таблицу `films`:

```
REVOKE INSERT ON films FROM PUBLIC;
```

Лишение пользователя `manuel` всех прав для представления `kinds`:

```
REVOKE ALL PRIVILEGES ON kinds FROM manuel;
```

Заметьте, что на самом деле это означает «лишить всех прав, которые дал я».

Исключение из членов роли `admins` пользователя `joe`:

```
REVOKE admins FROM joe;
```

Совместимость

Замечания по совместимости, приведённые для команды `GRANT`, справедливы и для `REVOKE`. Стандарт требует обязательного указания ключевого слова `RESTRICT` или `CASCADE`, но PostgreSQL подразумевает `RESTRICT` по умолчанию.

См. также

`GRANT`

ROLLBACK

ROLLBACK — прервать текущую транзакцию

Синтаксис

```
ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ]
```

Описание

ROLLBACK откатывает текущую транзакцию и приводит к аннулированию всех изменений, произведённых транзакцией.

Параметры

WORK
TRANSACTION

Необязательные ключевые слова, не оказывают никакого влияния.

Замечания

Чтобы завершить и зафиксировать транзакцию, используйте COMMIT.

При выполнении команды ROLLBACK вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

Примеры

Чтобы прервать все операции:

```
ROLLBACK;
```

Совместимость

В стандарте SQL описаны только две формы: ROLLBACK и ROLLBACK WORK. В остальном эта команда полностью соответствует стандарту.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK TO SAVEPOINT

ROLLBACK PREPARED

ROLLBACK PREPARED — отменить транзакцию, которая ранее была подготовлена для двухфазной фиксации

Синтаксис

```
ROLLBACK PREPARED id_транзакции
```

Описание

ROLLBACK PREPARED откатывает транзакцию в подготовленном состоянии.

Параметры

id_транзакции

Идентификатор транзакции, которую нужно откатить.

Замечания

Откатить подготовленную транзакцию может либо пользователь, выполнявший её изначально, либо суперпользователь. При этом не обязательно работать в том же сеансе, где выполнялась транзакция.

Эту команду нельзя выполнить внутри блока транзакции. Подготовленная транзакция откатывается немедленно.

Все существующие в текущий момент подготовленные транзакции показываются в системном представлении `pg_prepared_xacts`.

Примеры

Откат транзакции, имеющей идентификатор `foobar`:

```
ROLLBACK PREPARED 'foobar';
```

Совместимость

Оператор `ROLLBACK PREPARED` является расширением PostgreSQL. Он предназначен для использования внешними системами управления транзакциями, некоторые из которых работают по стандартам (например, X/Open XA), но сторона SQL в этих системах не стандартизирована.

См. также

PREPARE TRANSACTION, COMMIT PREPARED

ROLLBACK TO SAVEPOINT

ROLLBACK TO SAVEPOINT — откатиться к точке сохранения

Синтаксис

```
ROLLBACK [ WORK | TRANSACTION ] TO [ SAVEPOINT ] имя_точки_сохранения
```

Описание

Откатывает все команды, выполненные после установления точки сохранения. Точка сохранения остаётся действующей и при необходимости можно снова откатиться к ней позже.

ROLLBACK TO SAVEPOINT неявно уничтожает все точки сохранения, установленные после заданной точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Точка сохранения, к которой нужно откатиться.

Замечания

Чтобы уничтожить точку сохранения, не отменяя действия команд, выполненных после неё, применяется команда RELEASE SAVEPOINT.

Указание имени точки сохранения, не установленной ранее, считается ошибкой.

Курсоры проявляют не совсем транзакционное поведение применительно к точкам сохранения. Любой курсор, открытый внутри точки сохранения, будет закрыт при откате к этой точке. Если ранее открытый курсор был перемещён командой FETCH или MOVE внутри точки сохранения, к которой затем произошёл откат, курсор остаётся в той позиции, в которой он остался после FETCH (то есть, перемещение курсора, производимое командой FETCH, не откатывается). Также при откате не отменяется и закрытие курсора. Однако другие побочные эффекты, вызываемые запросом курсора (например, побочные действия изменчивых функций, вызываемых в запросе) *отменяются*, если они производятся после точки сохранения, к которой затем происходит откат. Курсор, выполнение которого приводит к прерыванию транзакции, переводится в нерабочее состояние, так что даже если восстановить транзакцию, выполнив ROLLBACK TO SAVEPOINT, этот курсор нельзя будет использовать.

Примеры

Отмена действия команд, выполненных после установки точки сохранения my_savepoint:

```
ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;
```

Откат к точке сохранения не отражается на положении курсора:

```
BEGIN;
```

```
DECLARE foo CURSOR FOR SELECT 1 UNION SELECT 2;
```

```
SAVEPOINT foo;
```

```
FETCH 1 FROM foo;
```

```
  ?column?
```

```
-----
```

```
1
```

```
ROLLBACK TO SAVEPOINT foo;
```

```
FETCH 1 FROM foo;  
?column?
```

```
-----  
2
```

```
COMMIT;
```

Совместимость

В стандарте SQL говорится, что ключевое слово `SAVEPOINT` является обязательным, но PostgreSQL и Oracle позволяют опускать его. SQL допускает `WORK`, но не `TRANSACTION`, в качестве избыточного слова после `ROLLBACK`. Кроме того, в SQL есть дополнительное предложение `AND [ NO ] CHAIN`, которое в настоящее время не поддерживается в PostgreSQL. В остальном эта команда соответствует стандарту SQL.

См. также

`BEGIN`, `COMMIT`, `RELEASE SAVEPOINT`, `ROLLBACK`, `SAVEPOINT`

SAVEPOINT

SAVEPOINT — определить новую точку сохранения в текущей транзакции

Синтаксис

```
SAVEPOINT имя_точки_сохранения
```

Описание

SAVEPOINT устанавливает новую точку сохранения в текущей транзакции.

Точка сохранения — это специальная отметка внутри транзакции, которая позволяет откатить все команды, выполненные после неё, и восстановить таким образом состояние на момент установки этой точки.

Параметры

имя_точки_сохранения

Имя, назначаемое новой точке сохранения.

Замечания

Для отката к установленной точке сохранения предназначена команда ROLLBACK TO SAVEPOINT. Чтобы уничтожить точку сохранения, сохраняя изменения, произведённые после того, как она была установлена, применяется команда RELEASE SAVEPOINT.

Точки сохранения могут быть установлены только внутри блока транзакции. В одной транзакции можно определить несколько точек сохранения.

Примеры

Установка точки сохранения и затем отмена действия всех команд, выполненных после установленной точки:

```
BEGIN;  
    INSERT INTO table1 VALUES (1);  
    SAVEPOINT my_savepoint;  
    INSERT INTO table1 VALUES (2);  
    ROLLBACK TO SAVEPOINT my_savepoint;  
    INSERT INTO table1 VALUES (3);  
COMMIT;
```

Показанная транзакция вставит в таблицу значения 1 и 3, но не 2.

Этот пример показывает, как установить и затем уничтожить точку сохранения:

```
BEGIN;  
    INSERT INTO table1 VALUES (3);  
    SAVEPOINT my_savepoint;  
    INSERT INTO table1 VALUES (4);  
    RELEASE SAVEPOINT my_savepoint;  
COMMIT;
```

Данная транзакция вставит значения 3 и 4.

Совместимость

Стандарт SQL требует, чтобы точка сохранения уничтожалась автоматически, когда устанавливается другая точка сохранения с тем же именем. В PostgreSQL старая точка сохранения остаётся,

хотя при откате или уничтожении будет выбираться только самая последняя. (После уничтожения последней точки командой `RELEASE SAVEPOINT` доступной для команд `ROLLBACK TO SAVEPOINT` и `RELEASE SAVEPOINT` становится следующая.) В остальном оператор `SAVEPOINT` полностью соответствует стандарту.

См. также

`BEGIN`, `COMMIT`, `RELEASE SAVEPOINT`, `ROLLBACK`, `ROLLBACK TO SAVEPOINT`

SECURITY LABEL

SECURITY LABEL — определить или изменить метку безопасности, применённую к объекту

Синтаксис

```
SECURITY LABEL [ FOR провайдер ] ON
{
    TABLE имя_объекта |
    COLUMN имя_таблицы.имя_столбца |
    AGGREGATE имя_агрегатной_функции ( сигнатура_агр_функции ) |
    DATABASE имя_объекта |
    DOMAIN имя_объекта |
    EVENT TRIGGER имя_объекта |
    FOREIGN TABLE имя_объекта
    FUNCTION имя_функции [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ] |
    LARGE OBJECT oid_большого_объекта |
    MATERIALIZED VIEW имя_объекта |
    [ PROCEDURAL ] LANGUAGE имя_объекта |
    PROCEDURE имя_процедуры [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ] |
    PUBLICATION имя_объекта |
    ROLE имя_объекта |
    ROUTINE имя_подпрограммы [ ( [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента
[ , ... ] ) ] |
    SCHEMA имя_объекта |
    SEQUENCE имя_объекта |
    SUBSCRIPTION имя_объекта |
    TABLESPACE имя_объекта |
    TYPE имя_объекта |
    VIEW имя_объекта
} IS 'метка'
```

Здесь *сигнатура_агр_функции*:

```
* |
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] |
[ [ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ] ] ORDER BY
[ режим_аргумента ] [ имя_аргумента ] тип_аргумента [ , ... ]
```

Описание

SECURITY LABEL применяет метку безопасности к объекту базы данных. С определённым объектом может быть связано произвольное количество меток безопасности, по одной для каждого провайдера. Провайдеры меток представляют собой загружаемые модули, которые регистрируют себя, вызывая функцию `register_label_provider`.

Примечание

`register_label_provider` — это не SQL-функция; её можно вызывать только из скомпилированного кода C, загруженного сервером.

Провайдер меток определяет, допустима ли заданная метка и разрешено ли применять эту метку к указанному объекту. Какой смысл вкладывается в данную метку, так же определяет провайдер меток. PostgreSQL не накладывает никаких ограничений на то, как провайдер должен интерпре-

тировать метки безопасности; он просто обеспечивает механизм их хранения. На практике, этот механизм реализован для того, чтобы в базы данных можно было интегрировать системы мандатного управления доступом (MAC) на базе меток, такие как SE-Linux. Такие системы принимают все решения по ограничению доступа, учитывая метки объектов, а не традиционные сущности избирательного управления доступом (DAC), такие как пользователи и группы.

Параметры

имя_объекта
имя_таблицы.имя_столбца
имя_агрегатной_функции
имя_функции
имя_процедуры
имя_подпрограммы

Имя помечаемого объекта. Имена таблиц, агрегатных и обычных функций, процедур, подпрограмм, доменов, сторонних таблиц, последовательностей и представлений можно дополнить именем схемы.

провайдер

Имя провайдера, с которым будет связана эта метка. Указанный провайдер должен быть загружен и готов выполнять операцию размечивания. Если загружен всего один провайдер, его имя можно опустить для краткости.

режим_аргумента

Режим аргумента функции, процедуры или агрегата: IN, OUT, INOUT или VARIADIC. По умолчанию подразумевается IN. Заметьте, что SECURITY LABEL не учитывает аргументы OUT, так как для идентификации функции нужны только типы входных аргументов. Поэтому достаточно перечислить только аргументы IN, INOUT и VARIADIC.

имя_аргумента

Имя аргумента функции, процедуры или агрегата. Заметьте, что на самом деле SECURITY LABEL не обращает внимание на имена аргументов, так как для однозначной идентификации функции достаточно только типов аргументов.

тип_аргумента

Тип данных аргумента функции, процедуры или агрегата.

oid_большого_объекта

OID большого объекта.

PROCEDURAL

Это слово не несёт смысловой нагрузки.

метка

Новая метка безопасности, записанная в виде строковой константы, либо NULL, если метку безопасности нужно удалить.

Примеры

Следующий пример показывает, как можно изменить метку безопасности для таблицы.

```
SECURITY LABEL FOR selinux ON TABLE mytable IS 'system_u:object_r:sepgsql_table_t:s0';
```

Совместимость

Команда SECURITY LABEL отсутствует в стандарте SQL.

См. также

sepgsql, src/test/modules/dummy_seclabel

SELECT

SELECT, TABLE, WITH — получить строки из таблицы или представления

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]  
SELECT [ ALL | DISTINCT [ ON ( выражение [, ...] ) ] ]  
    [ * | выражение [ [ AS ] имя_результата ] [, ...] ]  
    [ FROM элемент_FROM [, ...] ]  
    [ WHERE условие ]  
    [ GROUP BY элемент_группирования [, ...] ]  
    [ HAVING условие [, ...] ]  
    [ WINDOW имя_окна AS ( определение_окна ) [, ...] ]  
    [ { UNION | INTERSECT | EXCEPT } [ ALL | DISTINCT ] выборка ]  
    [ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]  
    [, ...] ]  
    [ LIMIT { число | ALL } ]  
    [ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]  
    [ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY ]  
    [ FOR { UPDATE | NO KEY UPDATE | SHARE | KEY SHARE } [ OF имя_таблицы [, ...] ]  
    [ NOWAIT | SKIP LOCKED ] [...] ]
```

Здесь допускается *элемент_FROM*:

```
    [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ] ]  
        [ TABLESAMPLE метод_выборки ( аргумент [, ...] ) [ REPEATABLE  
( затравка ) ] ]  
    [ LATERAL ] ( выборка ) [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ]  
    имя_запроса_WITH [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца [, ...] ) ] ]  
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] )  
        [ WITH ORDINALITY ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца  
    [, ...] ) ] ]  
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) [ AS ] псевдоним  
( определение_столбца [, ...] )  
    [ LATERAL ] имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) AS ( определение_столбца [, ...] )  
    [ LATERAL ] ROWS FROM( имя_функции ( [ аргумент [, ...] ] ) [ AS  
( определение_столбца [, ...] ) ] [, ...] )  
        [ WITH ORDINALITY ] [ [ AS ] псевдоним [ ( псевдоним_столбца  
    [, ...] ) ] ]  
    элемент_FROM [ NATURAL ] тип_соединения элемент_FROM [ ON условие_соединения |  
    USING ( столбец_соединения [, ...] ) ]
```

и *элемент_группирования* может быть следующим:

```
( )  
выражение  
( выражение [, ...] )  
ROLLUP ( { выражение | ( выражение [, ...] ) } [, ...] )  
CUBE ( { выражение | ( выражение [, ...] ) } [, ...] )  
GROUPING SETS ( элемент_группирования [, ...] )
```

и *запрос_WITH*:

```
    имя_запроса_WITH [ ( имя_столбца [, ...] ) ] AS ( выборка | values | insert  
    | update | delete )
```


TABLE [ONLY] имя_таблицы [*]

Описание

SELECT получает строки из множества таблиц (возможно, пустого). Общая процедура выполнения SELECT следующая:

1. Выполняются все запросы в списке WITH. По сути они формируют временные таблицы, к которым затем можно обращаться в списке FROM. Запрос в WITH выполняется только один раз, даже если он фигурирует в списке FROM неоднократно. (См. Подраздел «Предложение WITH» ниже.)
2. Вычисляются все элементы в списке FROM. (Каждый элемент в списке FROM представляет собой реальную или виртуальную таблицу.) Если список FROM содержит несколько элементов, они объединяются перекрёстным соединением. (См. Подраздел «Предложение FROM» ниже.)
3. Если указано предложение WHERE, все строки, не удовлетворяющие условию, исключаются из результата. (См. Подраздел «Предложение WHERE» ниже.)
4. Если присутствует указание GROUP BY, либо в запросе вызываются агрегатные функции, вывод разделяется по группам строк, соответствующим одному или нескольким значениям, а затем вычисляются результаты агрегатных функций. Если добавлено предложение HAVING, оно исключает группы, не удовлетворяющие заданному условию. (См. Подраздел «Предложение GROUP BY» и Подраздел «Предложение HAVING» ниже.)
5. Вычисляются фактические выходные строки по заданным в SELECT выражениям для каждой выбранной строки или группы строк. (См. Подраздел «Список SELECT» ниже.)
6. SELECT DISTINCT исключает из результата повторяющиеся строки. SELECT DISTINCT ON исключает строки, совпадающие по всем указанным выражениям. SELECT ALL (по умолчанию) возвращает все строки результата, включая дубликаты. (См. Подраздел «Предложение DISTINCT» ниже.)
7. Операторы UNION, INTERSECT и EXCEPT объединяют вывод нескольких команд SELECT в один результирующий набор. Оператор UNION возвращает все строки, представленные в одном, либо обоих наборах результатов. Оператор INTERSECT возвращает все строки, представленные строго в обоих наборах. Оператор EXCEPT возвращает все строки, представленные в первом наборе, но не во втором. Во всех трёх случаях повторяющиеся строки исключаются из результата, если явно не указано ALL. Чтобы явно обозначить, что выдаваться должны только неповторяющиеся строки, можно добавить избыточное слово DISTINCT. Заметьте, что в данном контексте по умолчанию подразумевается DISTINCT, хотя в самом SELECT по умолчанию подразумевается ALL. (См. Подраздел «Предложение UNION+», Подраздел «Предложение INTERSECT» и Подраздел «Предложение EXCEPT» ниже.)
8. Если присутствует предложение ORDER BY, возвращаемые строки сортируются в указанном порядке. В отсутствие ORDER BY строки возвращаются в том порядке, в каком системе будет проще их выдать. (См. Подраздел «Предложение ORDER BY» ниже.)
9. Если указано предложение LIMIT (или FETCH FIRST) либо OFFSET, оператор SELECT возвращает только подмножество строк результата. (См. Подраздел «Предложение LIMIT» ниже.)
10. Если указано FOR UPDATE, FOR NO KEY UPDATE, FOR SHARE или FOR KEY SHARE, оператор SELECT блокирует выбранные строки, защищая их от одновременных изменений. (См. Подраздел «Предложение блокировки» ниже.)

Для всех столбцов, задействованных в команде SELECT, необходимо иметь право SELECT. Применение блокировок FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE или FOR KEY SHARE требует также права UPDATE (как минимум для одного столбца в каждой выбранной для блокировки таблице).

Параметры

Предложение WITH

Предложение WITH позволяет задать один или несколько подзапросов, к которым затем можно обратиться по имени в основном запросе. Эти подзапросы по сути действуют как временные таблицы или представления в процессе выполнения главного запроса. Каждый подзапрос может представ-

лять собой оператор `SELECT`, `TABLE`, `VALUES`, `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. При использовании в `WITH` оператора, изменяющего данные, (`INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`) обычно добавляется предложение `RETURNING`. Заметьте, что именно результат `RETURNING`, а не нижележащая таблица, изменяемая запросом, формирует временную таблицу, которую затем читает основной запрос. Если `RETURNING` опущено, оператор, тем не менее, выполняется, но не выдаёт никакого результата, так что на него нельзя сослаться как на таблицу в основном запросе.

Имя (без схемы) должно быть указано для каждого запроса `WITH`. Также можно задать необязательный список с именами столбцов; если он опущен, имена столбцов формируются из результата подзапроса.

Если указано `RECURSIVE`, подзапрос `SELECT` может ссылаться сам на себя по имени. Такой подзапрос должен иметь форму

нерекурсивная_часть UNION [ALL | DISTINCT] *рекурсивная_часть*

, где рекурсивная ссылка на сам запрос может находиться только справа от `UNION`. Для одного запроса допускается только одна рекурсивная ссылка на него же. Операторы, изменяющие данные, не могут быть рекурсивными, но результат рекурсивного запроса `SELECT` в таких операторах можно использовать. За примером обратитесь к Разделу 7.8.

Ещё одна особенность `RECURSIVE` в том, что запросы `WITH` могут быть неупорядоченными: запрос может ссылаться на другой, идущий в списке после него. (Однако циклические ссылки или взаимная рекурсия не поддерживаются.) Без `RECURSIVE` запрос в `WITH` может ссылаться только на запросы того же уровня в `WITH`, предшествующие ему в списке `WITH`.

Ключевое свойство запросов `WITH` состоит в том, что они вычисляются один раз для всего основного запроса, даже если в основном запросе содержатся несколько ссылок на них. В частности, гарантируется, что операторы, изменяющие данные, будут выполняться ровно один раз, вне зависимости от того, будет ли их результат прочитан основным запросом и в каком объёме.

Основной запрос и все запросы `WITH`, условно говоря, выполняются одновременно. Это значит, что действие оператора, изменяющего данные в `WITH`, не будут видеть другие части запроса, кроме как прочитав его вывод `RETURNING`. Если два таких оператора попытаются изменить одну строку, результат будет неопределённым.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 7.8.

Предложение FROM

В предложении `FROM` перечисляются одна или несколько таблиц, служащих источниками данных для `SELECT`. Если указано несколько источников, результатом будет декартово произведение (перекрёстное соединение) всех их строк. Но обычно в запрос добавляются уточняющие условия (в предложении `WHERE`), которые ограничивают набор строк небольшим подмножеством этого произведения.

Предложение `FROM` может содержать следующие элементы:

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) существующей таблицы или представления. Если перед именем таблицы указано `ONLY`, считывается только заданная таблица. Без `ONLY` считывается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание `*`, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

псевдоним

Альтернативное имя для элемента списка `FROM`. Этот псевдоним используется для краткости или для исключения неоднозначности с замкнутыми соединениями (когда одна таблица читается неоднократно). Когда задаётся псевдоним, он полностью скрывает настоящее имя таблицы или функции; например, при записи `FROM foo AS f`, в продолжении запроса `SELECT` к это-

му элементу `FROM` нужно обращаться по имени `f`, а не `f.oo`. Если задан псевдоним таблицы, за ним можно также написать список псевдонимов столбцов, который определит альтернативные имена для столбцов таблицы.

`TABLESAMPLE метод_выборки ( аргумент [, ...] ) [ REPEATABLE ( затравка ) ]`

Предложение `TABLESAMPLE`, сопровождающее *имя_таблицы*, показывает, что для получения подмножества строк в этой таблице должен применяться указанный *метод_выборки*. Эта выборка предшествует применению любых других фильтров, например, в предложении `WHERE`. В стандартный дистрибутив PostgreSQL включены два метода выборки, `BERNOULLI` и `SYSTEM`; другие методы выборки можно установить в базу данных через расширения.

Методы выборки `BERNOULLI` и `SYSTEM` принимают единственный *аргумент*, определяющий, какой процент таблицы должен попасть в выборку, от 0 до 100. Этот аргумент может задаваться любым выражением со значением типа `real`. (Другие методы выборки могут принимать дополнительные или другие параметры.) Оба этих метода возвращают случайную выборку таблицы, содержащую примерно указанный процент строк таблицы. Метод `BERNOULLI` сканирует всю таблицу и выбирает или игнорирует отдельные строки независимо, с заданной вероятностью. Метод `SYSTEM` строит выборку на уровне блоков, определяя для каждого блока шанс его задействовать, и возвращает все строки из каждого задействуемого блока. Метод `SYSTEM` работает значительно быстрее `BERNOULLI`, когда выбирается небольшой процент строк, но он может выдавать менее случайную выборку таблицы из-за эффектов кучности.

В необязательном предложении `REPEATABLE` задаётся *затравка* — число или выражение, задающее отправное значение для генератора случайных чисел в методе выборки. Значением *затравки* может быть любое отличное от `NULL` число с плавающей точкой. Два запроса, в которых указаны одинаковые значения *затравки* и *аргумента*, выдадут одну и ту же выборку таблицы при условии неизменности содержимого таблицы. Но с разными значениями *затравки* выборки обычно получаются разными. В отсутствие предложения `REPEATABLE` для каждого запроса выдаётся новая случайная выборка, в зависимости от *затравки*, сгенерированной системой. Заметьте, что некоторые дополнительные методы выборки не принимают предложение `REPEATABLE` и выдают разные выборки при каждом использовании.

выборка

Предложение `FROM` может содержать вложенный запрос `SELECT`. Можно считать, что из его результата создаётся временная таблица на время выполнения основной команды `SELECT`. Заметьте, что вложенный запрос `SELECT` должен заключаться в скобки и для него *должен* задаваться псевдоним. Здесь также можно использовать команду `VALUES`.

имя_запроса_WITH

На запрос `WITH` можно ссылаться по имени, как если бы имя запроса представляло имя таблицы. (На самом деле запрос `WITH` скрывает любую реальную таблицу с тем же именем для основного запроса. Если необходимо обратиться к одноимённой реальной таблице, можно дополнить имя этой таблицы именем схемы.) Для этого имени можно задать псевдоним, так же, как и для имени таблицы.

имя_функции

В предложении `FROM` могут содержаться вызовы функций. (Это особенно полезно для функций, возвращающих множества, но в принципе можно использовать любые функции.) Можно считать, что из результата функции создаётся временная таблица на время выполнения основной команды `SELECT`. Если вызов функции сопровождается необязательным предложением `WITH ORDINALITY`, после всех выдаваемых функцией столбцов в вывод добавляется ещё один столбец с номерами строк.

Псевдоним для функции можно задать так же, как и для таблицы. Если этот псевдоним задан, за ним можно также написать список псевдонимов столбцов, который определит альтернативные имена для атрибутов составного типа результата функции, включая имя столбца, который может быть добавлен предложением `ORDINALITY`.

Несколько вызовов функций можно объединить в одном элементе предложения FROM, заключив их в конструкцию ROWS FROM(...). Выводом такого элемента будет соединение первых строк всех функций, затем вторых строк и т. д. Если одни функции выдают меньше строк, чем другие, недостающие данные заменяются значениями NULL, так что общее число возвращаемых строк всегда будет равняться максимальному числу строк из возвращённых всеми функциями.

Если функция определена как возвращающая тип данных record, для неё нужно указать псевдоним или ключевое слово AS, за которым должен идти список определений столбцов в форме (имя_столбца тип_данных [, ...]). Список определений столбцов должен соответствовать фактическому количеству и типу столбцов, возвращаемых функцией.

Если при использовании синтаксиса ROWS FROM(...) одна из функций требует наличия списка определений столбцов, этот список лучше разместить после вызова функции внутри ROWS FROM(...). Список определений столбцов можно поместить после конструкции ROWS FROM(...), только если вызывается всего одна функция, а предложение WITH ORDINALITY отсутствует.

Чтобы использовать ORDINALITY со списком определений столбцов, необходимо применить запись ROWS FROM(...) и поместить список с определениями столбцов внутрь ROWS FROM(...).

тип_соединения

Один из следующих вариантов:

- [INNER] JOIN
- LEFT [OUTER] JOIN
- RIGHT [OUTER] JOIN
- FULL [OUTER] JOIN
- CROSS JOIN

Для типов соединений INNER и OUTER необходимо указать условие соединения, а именно одно из предложений NATURAL, ON условие_соединения или USING (столбец_соединения [, ...]). Эти предложения описываются ниже. Для CROSS JOIN ни одно из этих предложений не допускается.

Предложение JOIN объединяет два элемента списка FROM, которые мы для простоты дальше будем называть «таблицами», хотя на самом деле это может быть любой объект, допустимый в качестве элемента FROM. Для определения порядка вложенности при необходимости следует использовать скобки. В отсутствие скобок предложения JOIN обрабатывается слева направо. В любом случае, JOIN связывает элементы сильнее, чем запятые, разделяющие элементы в списке FROM.

CROSS JOIN и INNER JOIN формируют простое декартово произведение, то же, что можно получить, указав две таблицы на верхнем уровне FROM, но ограниченное возможным условием соединения. Предложение CROSS JOIN равнозначно INNER JOIN ON (TRUE), то есть, никакие строки по условию не удаляются. Эти типы соединений введены исключительно для удобства записи, они не дают ничего такого, что нельзя было бы получить, используя просто FROM и WHERE.

LEFT OUTER JOIN возвращает все строки ограниченного декартова произведения (т. е. все объединённые строки, удовлетворяющие условию соединения) плюс все строки в таблице слева, для которых не находится строк в таблице справа, удовлетворяющих условию. Строка, взятая из таблицы слева, дополняется до полной ширины объединённой таблицы значениями NULL в столбцах таблицы справа. Заметьте, что для определения, какие строки двух таблиц соответствуют друг другу, проверяется только условие самого предложения JOIN. Внешние условия проверяются позже.

RIGHT OUTER JOIN, напротив, возвращает все соединённые строки плюс одну строку для каждой строки справа, не имеющей соответствия слева (эта строка дополняется значениями NULL влево). Это предложение введено исключительно для удобства записи, так как его можно легко свести к LEFT OUTER JOIN, поменяв левую и правую таблицы местами.

`FULL OUTER JOIN` возвращает все соединённые строки плюс все строки слева, не имеющие соответствия справа, (дополненные значениями `NULL` вправо) плюс все строки справа, не имеющие соответствия слева (дополненные значениями `NULL` влево).

`ON` *условие_соединения*

Задаваемое *условие_соединения* представляет собой выражение, выдающее значение типа `boolean` (как в предложении `WHERE`), которое определяет, какие строки считаются соответствующими при соединении.

`USING` (*столбец_соединения* [, ...])

Предложение вида `USING` (*a*, *b*, ...) представляет собой сокращённую форму записи `ON` *таблица_слева.a* = *таблица_справа.a* `AND` *таблица_слева.b* = *таблица_справа.b* Кроме того, `USING` подразумевает, что в результат соединения будет включён только один из пары равных столбцов, но не оба.

`NATURAL`

`NATURAL` представляет собой краткую запись `USING` со списком, в котором перечисляются все столбцы двух таблиц, имеющие одинаковые имена. Если одинаковых имён нет, указание `NATURAL` равнозначно `ON TRUE`.

`LATERAL`

Ключевое слово `LATERAL` может предварять вложенный запрос `SELECT` в списке `FROM`. Оно позволяет обращаться в этом вложенном `SELECT` к столбцам элементов `FROM`, предшествующим ему в списке `FROM`. (Без `LATERAL` все вложенные подзапросы `SELECT` обрабатываются независимо и не могут ссылаться на другие элементы списка `FROM`.)

Слово `LATERAL` можно также добавить перед вызовом функции в списке `FROM`, но в этом случае оно будет избыточным, так как выражения с функциями могут ссылаться на предыдущие элементы списка `FROM` в любом случае.

Элемент `LATERAL` может находиться на верхнем уровне списка `FROM` или в дереве `JOIN`. В последнем случае он может также ссылаться на любые элементы в левой части `JOIN`, справа от которого он находится.

Когда элемент `FROM` содержит ссылки `LATERAL`, запрос выполняется следующим образом: сначала для строки элемента `FROM` с целевыми столбцами, или набора строк из нескольких элементов `FROM`, содержащих целевые столбцы, вычисляется элемент `LATERAL` со значениями этих столбцов. Затем результирующие строки обычным образом соединяются со строками, из которых они были вычислены. Эта процедура повторяется для всех строк исходных таблиц.

Таблица, служащая источником столбцов, должна быть связана с элементом `LATERAL` соединением `INNER` или `LEFT`, в противном случае не образуется однозначно определяемый набор строк, из которого можно будет получать наборы строк для элемента `LATERAL`. Таким образом, хотя конструкция `X RIGHT JOIN LATERAL Y` синтаксически правильная, `Y` в ней не может обращаться к `X`.

Предложение `WHERE`

Необязательное предложение `WHERE` имеет общую форму

`WHERE` *условие*

, где *условие* — любое выражение, выдающее результат типа `boolean`. Любая строка, не удовлетворяющая этому условию, исключается из результата. Строка удовлетворяет условию, если оно возвращает `true` при подстановке вместо ссылок на переменные фактических значений из этой строки.

Предложение `GROUP BY`

Необязательное предложение `GROUP BY` имеет общую форму

GROUP BY *элемент_группирования* [, ...]

GROUP BY собирает в одну строку все выбранные строки, выдающие одинаковые значения для выражений группировки. В качестве *выражения* внутри *элемента_группирования* может выступать имя входного столбца, либо имя или порядковый номер выходного столбца (из списка элементов SELECT), либо произвольное значение, вычисляемое по значениям входных столбцов. В случае неоднозначности имя в GROUP BY будет восприниматься как имя входного, а не выходного столбца.

Если в элементе группирования задаётся GROUPING SETS, ROLLUP или CUBE, предложение GROUP BY в целом определяет некоторое число независимых *наборов группирования*. Это даёт тот же эффект, что и объединение подзапросов (с UNION ALL) с отдельными наборами группирования в их предложениях GROUP BY. Подробнее использование наборов группирования описывается в Подразделе 7.2.4.

Агрегатные функции, если они используются, вычисляются по всем строкам, составляющим каждую группу, и в итоге выдают отдельное значение для каждой группы. (Если агрегатные функции используются без предложения GROUP BY, запрос выполняется как с одной группой, включающей все выбранные строки.) Набор строк, поступающих в каждую агрегатную функцию, можно дополнительно отфильтровать, добавив предложение FILTER к вызову агрегатной функции; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 4.2.7. С предложением FILTER на вход агрегатной функции поступают только те строки, которые соответствуют заданному фильтру.

Когда в запросе присутствует предложение GROUP BY или какая-либо агрегатная функция, выражения в списке SELECT не могут обращаться к негруппируемым столбцам, кроме как в агрегатных функциях или в случае функциональной зависимости, так как иначе в негруппируемом столбце нужно было бы вернуть более одного возможного значения. Функциональная зависимость образуется, если группируемые столбцы (или их подмножество) составляют первичный ключ таблицы, содержащей негруппируемый столбец.

Имейте в виду, что все агрегатные функции вычисляются перед «скалярными» выражениями в предложении HAVING или списке SELECT. Это значит, что например, с помощью выражения CASE нельзя обойти вычисление агрегатной функции; см. Подраздел 4.2.14.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с GROUP BY.

Предложение HAVING

Необязательное предложение HAVING имеет общую форму

HAVING *условие*

Здесь *условие* задаётся так же, как и для предложения WHERE.

HAVING исключает из результата строки групп, не удовлетворяющих условию. HAVING отличается от WHERE: WHERE фильтрует отдельные строки до применения GROUP BY, а HAVING фильтрует строки групп, созданных предложением GROUP BY. Каждый столбец, фигурирующий в *условии*, должен однозначно ссылаться на группируемый столбец, за исключением случаев, когда эта ссылка находится внутри агрегатной функции или негруппируемый столбец функционально зависит от группируемых.

В присутствии HAVING запрос превращается в группируемый, даже если GROUP BY отсутствует. То же самое происходит, когда запрос содержит агрегатные функции, но не предложение GROUP BY. Все выбранные строки считаются формирующими одну группу, а в списке SELECT и предложении HAVING можно обращаться к столбцам таблицы только из агрегатных функций. Такой запрос будет выдавать единственную строку, если результат условия HAVING — true, и ноль строк в противном случае.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с HAVING.

Предложение WINDOW

Необязательное предложение WINDOW имеет общую форму

WINDOW *имя_окна* AS (*определение_окна*) [, ...]

Здесь *имя_окна* — это имя, на которое можно сослаться из предложений OVER или последующих определений окон, а *определение_окна* имеет следующий вид:

```
[ имя_существующего_окна ]
[ PARTITION BY выражение [, ...] ]
[ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]
  [, ...] ]
[ предложение_рамки ]
```

Если указано *имя_существующего_окна*, оно должно ссылаться на предшествующую запись в списке WINDOW; новое окно копирует предложение разбиения из этой записи, а также предложение сортировки, если оно присутствует. В этом случае для нового окна нельзя задать собственное предложение PARTITION BY, а ORDER BY можно указать, только если его не было у копируемого окна. Новое окно всегда использует собственное предложение рамки; в копируемом окне оно задаваться не должно.

Элементы списка PARTITION BY интерпретируются во многом так же, как и элементы Подраздела «Предложение GROUP BY», за исключением того, что это всегда простые выражения, но не имя или номер выходного столбца. Другое различие состоит в том, что эти выражения могут содержать вызовы агрегатных функций, которые не допускаются в обычном предложении GROUP BY. Здесь они допускаются потому, что формирование окна происходит после группировки и агрегирования.

Подобным образом, элементы списка ORDER BY интерпретируются во многом так же, как и элементы Подраздела «Предложение ORDER BY», за исключением того, что выражения в нём всегда принимаются как простые выражения, но не как имя или номер выходного столбца.

Необязательное *предложение_рамки* определяет *рамку окна* для оконных функций, которые зависят от рамки (не все функции таковы). Рамка окна — это набор связанных строк для каждой строки запроса (называемой *текущей строкой*). В качестве *предложения_рамки* может задаваться

```
{ RANGE | ROWS | GROUPS } начало_рамки [ исключение_рамки ]
{ RANGE | ROWS | GROUPS } BETWEEN начало_рамки AND конец_рамки [ исключение_рамки ]
```

Здесь *начало_рамки* и *конец_рамки* может задаваться как

```
UNBOUNDED PRECEDING
смещение PRECEDING
CURRENT ROW
смещение FOLLOWING
UNBOUNDED FOLLOWING
```

и *исключение_рамки* может быть таким:

```
EXCLUDE CURRENT ROW
EXCLUDE GROUP
EXCLUDE TIES
EXCLUDE NO OTHERS
```

Если *конец_рамки* опущен, по умолчанию подразумевается CURRENT ROW. В качестве *начала_рамки* нельзя задать UNBOUNDED FOLLOWING, в качестве *конца_рамки* не допускается UNBOUNDED PRECEDING, и *конец_рамки* не может идти в показанном выше списке указаний *начало_рамки* AND *конец_рамки* перед *началом_рамки* — например, синтаксис RANGE BETWEEN CURRENT ROW AND *смещение* PRECEDING не допускается.

По умолчанию рамка образуется предложением RANGE UNBOUNDED PRECEDING, что по сути то же, что RANGE BETWEEN UNBOUNDED PRECEDING AND CURRENT ROW; оно устанавливает рамку так, что она включает все строки от начала раздела до последней строки, *родственной* текущей (строки, которые согласно указанному для окна предложению ORDER BY считаются равными текущей; если

ORDER BY отсутствует, все строки считаются родственными). Вообще UNBOUNDED PRECEDING означает, что рамка начинается с первой строки раздела, а UNBOUNDED FOLLOWING означает, что рамка заканчивается на последней строке раздела, независимо от режима RANGE, ROWS или GROUPS. В режиме ROWS указание CURRENT ROW означает, что рамка начинается или заканчивается текущей строкой; но в режиме RANGE или GROUPS оно означает, что рамка начинается или заканчивается первой или последней строкой, родственной текущей, согласно порядку ORDER BY. Варианты *смещение* PRECEDING и *смещение* FOLLOWING означают разное в зависимости от режима рамки. В режиме ROWS целочисленное *смещение* определяет сдвиг, с которым начало рамки позиционируется перед текущей строкой, а конец рамки — после текущей строки. В режиме GROUPS целочисленное *смещение* аналогичным образом определяет сдвиг относительно группы строк, родственных текущей, где *группа родственных строк* — группа строк, считающихся равными согласно предложению ORDER BY для данного окна. В режиме RANGE для указания *смещения* необходимо присутствие в определении окна ровно одного столбца ORDER BY. Тогда рамка будет содержать те строки, в которых значение упорядочивающего столбца не более чем на *смещение* меньше (для PRECEDING) или больше (для FOLLOWING) значения упорядочивающего столбца в текущей строке. В этом случае тип данных выражения *смещение* зависит от типа данных упорядочивающего столбца. Для числовых столбцов это обычно тот же числовой тип, а для столбцов с типом дата/время — тип interval. Во всех этих случаях значение *смещения* должно быть отличным от NULL и неотрицательным. Кроме того, хотя *смещение* не обязательно должно быть простой константой, оно не может содержать переменные, агрегатные или оконные функции.

Дополнение *исключение_рамки* позволяет исключить из рамки строки, которые окружают текущую строку, даже если они должны быть включены согласно указаниям, определяющим начало и конец рамки. EXCLUDE CURRENT ROW исключает из рамки текущую строку. EXCLUDE GROUP исключает из рамки текущую строку и родственные ей согласно порядку сортировки. EXCLUDE TIES исключает из рамки все родственные строки для текущей, но не собственно текущую строку. EXCLUDE NO OTHERS просто явно выражает поведение по умолчанию — не исключает ни текущую строку, ни родственные ей.

Учтите, что в режиме ROWS могут выдаваться непредсказуемые результаты, если согласно порядку, заданному в ORDER BY, строки сортируются неоднозначно. Режимы RANGE и GROUPS предусмотрены для того, чтобы строки, являющиеся родственными в порядке ORDER BY, обрабатывались одинаково: все строки определённой группы попадут в одну рамку или будут исключены из неё.

Предложение WINDOW применяется для управления поведением *оконных функций*, фигурирующих в запросе, в Подразделе «Список SELECT» или Подразделе «Предложение ORDER BY». Эти функции могут обращаться к элементам WINDOW по именам в своих предложениях OVER. При этом элементы WINDOW не обязательно задействовать в запросе; если они не используются, они просто игнорируются. Оконные функции можно использовать вовсе без элементов WINDOW, так как в вызове оконной функции можно задать определение окна непосредственно в предложении OVER. Однако предложение WINDOW позволяет сократить текст запроса, когда одно и то же определение окна применяется при вызове нескольких оконных функций.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать вместе с WINDOW.

Оконные функции подробно описываются в Разделе 3.5, Подразделе 4.2.8 и Подразделе 7.2.5.

Список SELECT

Список SELECT (между ключевыми словами SELECT и FROM) содержит выражения, которые формируют выходные строки оператора SELECT. Эти выражения могут обращаться (и обычно обращаются) к столбцам, вычисленным в предложении FROM.

Так же, как в таблице, каждый выходной столбец SELECT имеет имя. В простом предложении SELECT это имя просто помечает столбец при выводе, но когда SELECT представляет собой подзапрос большого запроса, это имя большой запрос видит как имя столбца виртуальной таблицы, созданной подзапросом. Чтобы задать имя для выходного столбца, нужно написать AS *выходное_имя* после вы-

ражения столбца. (Слово `AS` можно опустить, но только если желаемое выходное имя не совпадает с каким-либо ключевым словом PostgreSQL (см. Приложение С). Чтобы не зависеть от появления новых ключевых слов в будущем, рекомендуется всегда писать `AS`, либо заключать имя в двойные кавычки.) Если имя столбца не задано, PostgreSQL выберет его автоматически. Если выражение столбца представляет собой просто ссылку на столбец, то выбранное таким образом имя будет совпадать с именем столбца. В более сложных случаях может использоваться имя функции или типа, либо в отсутствие других вариантов система может сгенерировать имя вроде `?column?`.

По имени выходного столбца можно обратиться к его значению в предложениях `ORDER BY` и `GROUP BY`, но не в `WHERE` или `HAVING`; в них вместо имени надо записывать всё выражение.

Вместо выражения в выходном списке можно указать `*`, что будет обозначать все столбцы выбранных строк. Кроме того, можно записать *имя_таблицы.** как краткое обозначение всех столбцов, получаемых из данной таблицы. В этих случаях нельзя задать новые имена столбцов с помощью `AS`; именами выходных столбцов будут имена столбцов в таблице.

Согласно стандарту SQL, выражения в выходном списке должны вычисляться до применения `DISTINCT`, `ORDER BY` или `LIMIT`. Это, очевидно, необходимо для `DISTINCT`, так как иначе не будет ясно, какие значения должны выдаваться как уникальные. Однако во многих случаях выходные выражения удобнее вычислять после `ORDER BY` и `LIMIT`; в частности, если в выходном списке содержатся изменчивые или дорогостоящие функции. В этом случае порядок вычисления функций оказывается более интуитивным, а для строк, которые не попадут в результат, не будут производиться вычисления. PostgreSQL фактически будет вычислять выходные выражения после сортировки и ограничения их количества, если эти выражения не фигурируют в `DISTINCT`, `ORDER BY` или `GROUP BY`. (Например, в запросе `SELECT f(x) FROM tab ORDER BY 1` функция `f(x)`, несомненно, должна вычисляться перед сортировкой.) Выходные выражения, содержащие функции, возвращающие множества, фактически вычисляются после сортировки и до ограничения количества строк, так что `LIMIT` будет отбрасывать строки, выдаваемые функцией, возвращающей множество.

Примечание

В PostgreSQL до версии 9.6 никакой порядок вычисления выходных выражений по отношению к сортировке или ограничениям количества не гарантировался; он зависел от формы выбранного плана запроса.

Предложение `DISTINCT`

Если указано `SELECT DISTINCT`, все повторяющиеся строки исключаются из результирующего набора (из каждой группы дубликатов остаётся одна строка). `SELECT ALL` делает противоположное: сохраняет все строки; это поведение по умолчанию.

`SELECT DISTINCT ON ( выражение [, ...] )` сохраняет только первую строку из каждого набора строк, для которого данное выражение даёт одинаковые значения. Выражения `DISTINCT ON` обрабатываются по тем же правилам, что и выражения `ORDER BY` (см. выше). Заметьте, что «первая строка» каждого набора непредсказуема, если только не применяется предложение `ORDER BY`, определяющее, какие строки должны быть первыми. Например:

```
SELECT DISTINCT ON (location) location, time, report
FROM weather_reports
ORDER BY location, time DESC;
```

возвращает самую последнюю сводку погоды для каждого местоположения. Но если бы мы не добавили `ORDER BY`, чтобы значения времени убывали, мы бы получили сводки по местоположениям от непредсказуемого времени.

Выражения `DISTINCT ON` должны соответствовать самым левым выражениям в `ORDER BY`. Предложение `ORDER BY` обычно содержит и другие выражения, которые определяют желаемый порядок строк в каждой группе `DISTINCT ON`.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать вместе с `DISTINCT`.

Предложение UNION+

Предложение `UNION` имеет следующую общую форму:

`оператор_SELECT UNION [ ALL | DISTINCT ] оператор_SELECT`

Здесь `оператор_SELECT` — это любой подзапрос `SELECT` без предложений `ORDER BY`, `LIMIT`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`. (`ORDER BY` и `LIMIT` можно добавить к вложенному выражению, если оно заключено в скобки. Без скобок эти предложения будут восприняты как применяемые к результату `UNION`, а не к выражению в его правой части.)

Оператор `UNION` вычисляет объединение множеств всех строк, возвращённых заданными запросами `SELECT`. Строка оказывается в объединении двух наборов результатов, если она присутствует минимум в одном наборе. Два оператора `SELECT`, представляющие прямые операнды `UNION`, должны выдавать одинаковое число столбцов, а типы соответствующих столбцов должны быть совместимыми.

Результат `UNION` не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр `ALL`. `ALL` предотвращает исключение дубликатов. (Таким образом, `UNION ALL` обычно работает значительно быстрее, чем `UNION`; поэтому, везде, где возможно, следует указывать `ALL`.) `DISTINCT` можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе `SELECT` нескольких операторов `UNION` они вычисляются слева направо, если иной порядок не определяется скобками.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать ни для результата `UNION`, ни для любого из подзапросов `UNION`.

Предложение INTERSECT

Предложение `INTERSECT` имеет следующую общую форму:

`оператор_SELECT INTERSECT [ ALL | DISTINCT ] оператор_SELECT`

Здесь `оператор_SELECT` — это любой подзапрос `SELECT` без предложений `ORDER BY`, `LIMIT`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`.

Оператор `INTERSECT` вычисляет пересечение множеств всех строк, возвращённых заданными запросами `SELECT`. Строка оказывается в пересечении двух наборов результатов, если она присутствует в обоих наборах.

Результат `INTERSECT` не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр `ALL`. С параметром `ALL` строка, повторяющаяся m раз в левой таблице и n раз в правой, будет выдана в результирующем наборе $\min(m, n)$ раз. `DISTINCT` можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе `SELECT` нескольких операторов `INTERSECT` они вычисляются слева направо, если иной порядок не диктуется скобками. `INTERSECT` связывает свои подзапросы сильнее, чем `UNION`. Другими словами, `A UNION B INTERSECT C` будет восприниматься как `A UNION (B INTERSECT C)`.

В настоящее время указания `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE` нельзя задать ни для результата `INTERSECT`, ни для любого из подзапросов `INTERSECT`.

Предложение EXCEPT

Предложение `EXCEPT` имеет следующую общую форму:

оператор_SELECT EXCEPT [ALL | DISTINCT] *оператор_SELECT*

Здесь *оператор_SELECT* — это любой подзапрос SELECT без предложений ORDER BY, LIMIT, FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE.

Оператор EXCEPT вычисляет набор строк, которые присутствуют в результате левого запроса SELECT, но отсутствуют в результате правого.

Результат EXCEPT не будет содержать повторяющихся строк, если не указан параметр ALL. С параметром ALL строка, повторяющаяся m раз в левой таблице и n раз в правой, будет выдана в результирующем наборе $\max(m-n, 0)$ раз. DISTINCT можно записать явно, чтобы обозначить, что дублирующиеся строки должны удаляться (это поведение по умолчанию).

При использовании в одном запросе SELECT нескольких операторов EXCEPT они вычисляются слева направо, если иной порядок не диктуется скобками. EXCEPT связывает свои подзапросы так же сильно, как UNION.

В настоящее время указания FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE и FOR KEY SHARE нельзя задать ни для результата EXCEPT, ни для любого из подзапросов EXCEPT.

Предложение ORDER BY

Необязательное предложение ORDER BY имеет следующую общую форму:

ORDER BY *выражение* [ASC | DESC | USING *оператор*] [NULLS { FIRST | LAST }] [, ...]

Предложение ORDER BY указывает, что строки результата должны сортироваться согласно заданным выражениям. Если две строки дают равные значения для самого левого выражения, проверяется следующее выражение и т. д. Если их значения оказываются равными для всех заданных выражений, строки возвращаются в порядке, определяемом реализацией.

В качестве *выражения* может задаваться имя или порядковый номер выходного столбца (элемента списка SELECT), либо произвольное выражение со значениями входных столбцов.

Порядковым номером в данном случае считается последовательный номер (при нумерации слева направо) позиции выходного столбца. Возможность указать порядковый номер позволяет выполнить сортировку по столбцу, не имеющему уникального имени. В принципе это не абсолютно необходимо, так как выходному столбцу всегда можно присвоить имя, воспользовавшись предложением AS.

В предложении ORDER BY также можно использовать произвольные выражения, в том числе, и со столбцами, отсутствующими в списке результатов SELECT. Таким образом, следующий оператор вполне корректен:

```
SELECT name FROM distributors ORDER BY code;
```

Однако, если ORDER BY применяется к результату UNION, INTERSECT или EXCEPT, в нём можно задать только имя или номер выходного столбца, но не выражение.

Если в качестве выражения ORDER BY задано простое имя, которому соответствует и выходной, и входной столбец, то ORDER BY будет воспринимать его как имя выходного столбца. Этот выбор противоположен тому, что делает GROUP BY в такой же ситуации. Такая несогласованность допущена для соответствия стандарту SQL.

Дополнительно после любого выражения в предложении ORDER BY можно добавить ключевое слово ASC (по возрастанию) или DESC (по убыванию). По умолчанию подразумевается ASC. Кроме того, можно задать имя специфического оператора сортировки в предложении USING. Оператор сортировки должен быть членом «меньше» или «больше» некоторого семейства операторов В-дерева. ASC обычно равнозначно USING < и DESC обычно равнозначно USING >. (Хотя создатель нестандартного типа данных может определить по-другому порядок сортировки по умолчанию и поставить ему в соответствие операторы с другими именами.)

Если указано `NULLS LAST`, значения `NULL` при сортировке оказываются после значений не `NULL`; с указанием `NULLS FIRST` значения `NULL` оказываются перед значениями не `NULL`. Если не указано ни то, ни другое, по умолчанию подразумевается `NULLS LAST` при явно или неявно выбранном порядке `ASC`, либо `NULLS FIRST` при порядке `DESC` (то есть по умолчанию считается, что значения `NULL` больше значений не `NULL`). С предложением `USING` порядок `NULL` по умолчанию зависит от того, является ли указанный оператор оператором «меньше» или «больше».

Заметьте, что параметры сортировки применяются только к тому выражению, за которым они следуют; в частности, `ORDER BY x, y DESC` означает не то же самое, что `ORDER BY x DESC, y DESC`.

Данные символьных строк сортируются согласно правилу сортировки, установленному для сортируемого столбца. При необходимости это правило можно переопределить, добавив предложение `COLLATE` в выражение, например так: `ORDER BY mycolumn COLLATE "en_US"`. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 4.2.10 и Разделу 23.2.

Предложение `LIMIT`

Предложение `LIMIT` состоит из двух независимых вложенных предложений:

```
LIMIT { число | ALL }
OFFSET начало
```

Здесь *число* определяет максимальное количество строк, которое должно быть выдано, тогда как *начало* определяет, сколько строк нужно пропустить, прежде чем начать выдавать строки. Когда указаны оба значения, сначала строки пропускаются в количестве, заданном значением *начало*, а затем следующие строки выдаются в количестве, не превышающем значения *число*.

Если результатом выражения *число* оказывается `NULL`, предложение воспринимается как `LIMIT ALL`, т. е. число строк не ограничивается. Если *начало* принимает значение `NULL`, предложение воспринимается как `OFFSET 0`.

SQL:2008 вводит другой синтаксис для получения того же результата, и его так же поддерживает PostgreSQL. Он выглядит так:

```
OFFSET начало { ROW | ROWS }
FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY
```

В этом синтаксисе значение *начало* или *число* в соответствии со стандартом должно быть буквальной константой, параметром или именем переменной; PostgreSQL позволяет использовать и другие выражения, но их обычно нужно заключать в скобки во избежание неоднозначности. Если *число* опускается в предложении `FETCH`, оно принимает значение 1. Слова `ROW` и `ROWS`, а также `FIRST` и `NEXT` являются незначащими и не влияют на поведение этих предложений. Согласно стандарту предложение `OFFSET` должно идти перед `FETCH`, если они присутствуют вместе; но PostgreSQL менее строг и допускает любой порядок.

Применяя `LIMIT`, имеет смысл использовать также предложение `ORDER BY`, чтобы строки результата выдавались в определённом порядке. Иначе будут возвращаться непредсказуемые подмножества строк запроса — вы можете запросить строки с десятой по двадцатую, но какой порядок вы имеете в виду? Порядок будет неизвестен, если не добавить `ORDER BY`.

Планировщик запроса учитывает ограничение `LIMIT`, строя план выполнения запроса, поэтому, вероятнее всего, планы (а значит и порядок строк) будут меняться при разных `LIMIT` и `OFFSET`. Таким образом, различные значения `LIMIT/OFFSET`, выбирающие разные подмножества результатов запроса, приведут к несогласованности результатов, если не установить предсказуемую сортировку с помощью `ORDER BY`. Это не ошибка, а неизбежное следствие того, что SQL не гарантирует вывод результатов запроса в некотором порядке, если порядок не определён явно предложением `ORDER BY`.

Возможно даже, что при повторном выполнении одного и того же запроса с `LIMIT` будут получены разные подмножества строк таблицы, если предложение `ORDER BY` не диктует выбор определённого

подмножества. Опять же, это не ошибка; в данном случае детерминированность результата просто не гарантируется.

Предложение блокировки

Предложения блокировки включают в себя `FOR UPDATE`, `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`; они влияют на то, как `SELECT` блокирует строки, получаемые из таблицы.

Предложение блокировки имеет следующую общую форму:

```
FOR вариант_блокировки [ OF имя_таблицы [, ...] ] [ NOWAIT | SKIP LOCKED ]
```

Здесь *вариант_блокировки* может быть следующим:

```
UPDATE  
NO KEY UPDATE  
SHARE  
KEY SHARE
```

Подробнее о каждом режиме блокировки на уровне строк можно узнать в Подразделе 13.3.2.

Чтобы операция не ждала завершения других транзакций, к блокировке можно добавить указание `NOWAIT` или `SKIP LOCKED`. С `NOWAIT` оператор выдаёт ошибку, а не ждёт, если выбранную строку нельзя заблокировать немедленно. С указанием `SKIP LOCKED` выбранные строки, которые нельзя заблокировать немедленно, пропускаются. При этом формируется несогласованное представление данных, так что этот вариант не подходит для общего применения, но может использоваться для исключения блокировок при обращении множества потребителей к таблице типа очереди. Обратите внимание, что указания `NOWAIT` и `SKIP LOCKED` применяются только к блокировкам на уровне строк — необходимая блокировка `ROW SHARE` уровня таблицы запрашивается обычным способом (см. Главу 13). Если требуется запросить блокировку уровня таблицы без ожидания, можно сначала выполнить `LOCK` с указанием `NOWAIT`.

Если в предложении блокировки указаны определённые таблицы, блокироваться будут только строки, получаемые из этих таблиц; другие таблицы, задействованные в `SELECT`, будут прочитаны как обычно. Предложение блокировки без списка таблиц затрагивает все таблицы, задействованные в этом операторе. Если предложение блокировки применяется к представлению или подзапросу, оно затрагивает все таблицы, которые используются в представлении или подзапросе. Однако эти предложения не применяются к запросам `WITH`, к которым обращается основной запрос. Если требуется установить блокировку строк в запросе `WITH`, предложение блокировки нужно указать непосредственно в этом запросе `WITH`.

В случае необходимости задать для разных таблиц разное поведение блокировки, в запрос можно добавить несколько предложений. Если при этом одна и та же таблица упоминается (или неявно затрагивается) в нескольких предложениях блокировки, блокировка устанавливается так, как если бы было указано только одно, самое сильное из них. Подобным образом, если в одном из предложений указано `NOWAIT`, для этой таблицы блокировка будет запрашиваться без ожидания. В противном случае она будет обработана в режиме `SKIP LOCKED`, если он выбран в любом из затрагивающих её предложений.

Предложения блокировки не могут применяться в контекстах, где возвращаемые строки нельзя чётко связать с отдельными строками таблицы; например, блокировка неприменима при агрегировании.

Когда предложение блокировки находится на верхнем уровне запроса `SELECT`, блокируются именно те строки, которые возвращаются запросом; в случае с запросом объединения, блокировке подлежат строки, из которых составляются возвращаемые строки объединения. В дополнение к этому, заблокированы будут строки, удовлетворяющие условиям запроса на момент создания снимка запроса, хотя они не будут возвращены, если с момента снимка они изменятся и перестанут удовлетворять условиям. Если применяется `LIMIT`, блокировка прекращается, как только будет получено достаточное количество строк для удовлетворения лимита (но обратите внимание, что строки, пропускаемые указанием `OFFSET`, будут блокироваться). Подобным образом, если предложение блокировки

применяется в запросе курсора, блокироваться будут только строки, фактически полученные или пройденные курсором.

Когда предложение блокировки находится в подзапросе `SELECT`, блокировке подлежат те строки, которые будут получены внешним запросом от подзапроса. Таких строк может оказаться меньше, чем можно было бы предположить, проанализировав только сам подзапрос, так как условия из внешнего запроса могут способствовать оптимизации выполнения подзапроса. Например, запрос

```
SELECT * FROM (SELECT * FROM mytable FOR UPDATE) ss WHERE col1 = 5;
```

заблокирует только строки, в которых `col1 = 5`, при том, что в такой записи условие не относится к подзапросу.

Предыдущие версии не могли сохранить блокировку, которая была повышена последующей точкой сохранения. Например, этот код:

```
BEGIN;
SELECT * FROM mytable WHERE key = 1 FOR UPDATE;
SAVEPOINT s;
UPDATE mytable SET ... WHERE key = 1;
ROLLBACK TO s;
```

не мог сохранить блокировку `FOR UPDATE` после `ROLLBACK TO`. Это было исправлено в версии 9.3.

Внимание

Возможно, что команда `SELECT`, работающая на уровне изоляции `READ COMMITTED` и применяющая предложение `ORDER BY` вместе с блокировкой, будет возвращать строки не по порядку. Это связано с тем, что `ORDER BY` выполняется в первую очередь. Эта команда отсортирует результат, но затем может быть заблокирована, пытаясь получить блокировку одной или нескольких строк. К моменту, когда блокировка `SELECT` будет снята, некоторые из сортируемых столбцов могут уже измениться, в результате чего их порядок может быть нарушен (хотя они были упорядочены для исходных значений). При необходимости обойти эту проблему, можно поместить `FOR UPDATE/SHARE` в подзапрос, например так:

```
SELECT * FROM (SELECT * FROM mytable FOR UPDATE) ss ORDER BY column1;
```

Заметьте, что в результате это приведёт к блокированию всех строк в `mytable`, тогда как указание `FOR UPDATE` на верхнем уровне могло бы заблокировать только фактически возвращаемые строки. Это может значительно повлиять на производительность, особенно в сочетании `ORDER BY` с `LIMIT` или другими ограничениями. Таким образом, этот приём рекомендуется, только если ожидается параллельное изменение сортируемых столбцов, а результат должен быть строго отсортирован.

На уровнях изоляции `REPEATABLE READ` и `SERIALIZABLE` это приведёт к ошибке сериализации (с `SQLSTATE` равным `'40001'`), так что на этих уровнях получить строки не по порядку невозможно.

Команда `TABLE`

Команда

```
TABLE имя
```

равнозначна

```
SELECT * FROM имя
```

Её можно применять в качестве команды верхнего уровня или как более краткую запись внутри сложных запросов. С командой `TABLE` могут использоваться только предложения `WITH`, `UNION`, `INTERSECT`, `EXCEPT`, `ORDER BY`, `LIMIT`, `OFFSET`, `FETCH` и предложения блокировки `FOR`; предложение `WHERE` и какие-либо формы агрегирования не поддерживаются.

Примеры

Соединение таблицы films с таблицей distributors:

```
SELECT f.title, f.did, d.name, f.date_prod, f.kind
FROM distributors d, films f
WHERE f.did = d.did
```

title	did	name	date_prod	kind
The Third Man	101	British Lion	1949-12-23	Drama
The African Queen	101	British Lion	1951-08-11	Romantic
...				

Суммирование значений столбца len (продолжительность) для всех фильмов и группирование результатов по столбцу kind (типу фильма):

```
SELECT kind, sum(len) AS total FROM films GROUP BY kind;
```

kind	total
Action	07:34
Comedy	02:58
Drama	14:28
Musical	06:42
Romantic	04:38

Суммирование значений столбца len для всех фильмов, группирование результатов по столбцу kind и вывод только тех групп, общая продолжительность которых меньше 5 часов:

```
SELECT kind, sum(len) AS total
FROM films
GROUP BY kind
HAVING sum(len) < interval '5 hours';
```

kind	total
Comedy	02:58
Romantic	04:38

Следующие два запроса демонстрируют равнозначные способы сортировки результатов по содержимому второго столбца (name):

```
SELECT * FROM distributors ORDER BY name;
SELECT * FROM distributors ORDER BY 2;
```

did	name
109	20th Century Fox
110	Bavaria Atelier
101	British Lion
107	Columbia
102	Jean Luc Godard
113	Luso films
104	Mosfilm
103	Paramount
106	Toho
105	United Artists
111	Walt Disney
112	Warner Bros.

108 | Westward

Следующий пример показывает объединение таблиц `distributors` и `actors`, ограниченное именами, начинающимися с буквы `W` в каждой таблице. Интерес представляют только неповторяющиеся строки, поэтому ключевое слово `ALL` опущено.

distributors:		actors:	
did	name	id	name
-----+-----		-----+-----	
108	Westward	1	Woody Allen
111	Walt Disney	2	Warren Beatty
112	Warner Bros.	3	Walter Matthau
...		...	

```
SELECT distributors.name
FROM distributors
WHERE distributors.name LIKE 'W%'
UNION
SELECT actors.name
FROM actors
WHERE actors.name LIKE 'W%';
```

name

Walt Disney
Walter Matthau
Warner Bros.
Warren Beatty
Westward
Woody Allen

Этот пример показывает, как использовать функцию в предложении `FROM`, со списком определений столбцов и без него:

```
CREATE FUNCTION distributors(int) RETURNS SETOF distributors AS $$
    SELECT * FROM distributors WHERE did = $1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM distributors(111);
did | name
-----+-----
111 | Walt Disney
```

```
CREATE FUNCTION distributors_2(int) RETURNS SETOF record AS $$
    SELECT * FROM distributors WHERE did = $1;
$$ LANGUAGE SQL;
```

```
SELECT * FROM distributors_2(111) AS (f1 int, f2 text);
f1 | f2
-----+-----
111 | Walt Disney
```

Пример функции с добавленным столбцом нумерации:

```
SELECT * FROM unnest(ARRAY['a','b','c','d','e','f']) WITH ORDINALITY;
unnest | ordinality
-----+-----
a      | 1
b      | 2
c      | 3
```



```
d      |      4
e      |      5
f      |      6
(6 rows)
```

Этот пример показывает, как использовать простое предложение WITH:

```
WITH t AS (
    SELECT random() as x FROM generate_series(1, 3)
)
SELECT * FROM t
UNION ALL
SELECT * FROM t

      x
-----
0.534150459803641
0.520092216785997
0.0735620250925422
0.534150459803641
0.520092216785997
0.0735620250925422
```

Заметьте, что запрос WITH выполняется всего один раз, поэтому мы получаем два одинаковых набора по три случайных значения.

В этом примере WITH RECURSIVE применяется для поиска всех подчинённых Мери (непосредственных или косвенных) и вывода их уровня косвенности в таблице с информацией только о непосредственных подчинённых:

```
WITH RECURSIVE employee_recursive(distance, employee_name, manager_name) AS (
    SELECT 1, employee_name, manager_name
    FROM employee
    WHERE manager_name = 'Mary'
    UNION ALL
    SELECT er.distance + 1, e.employee_name, e.manager_name
    FROM employee_recursive er, employee e
    WHERE er.employee_name = e.manager_name
)
SELECT distance, employee_name FROM employee_recursive;
```

Заметьте, что это типичная форма рекурсивных запросов: начальное условие, последующий UNION, а затем рекурсивная часть запроса. Убедитесь в том, что рекурсивная часть запроса в конце концов перестанет возвращать строки, иначе запрос окажется в бесконечном цикле. (За другими примерами обратитесь к Разделу 7.8.)

В этом примере используется LATERAL для применения функции get_product_names(), возвращающей множество, для каждой строки таблицы manufacturers:

```
SELECT m.name AS mname, pname
FROM manufacturers m, LATERAL get_product_names(m.id) pname;
```

Производители, с которыми в данный момент не связаны никакие продукты, не попадут в результат, так как это внутреннее соединение. Если бы мы захотели включить названия и этих производителей, мы могли бы сделать так:

```
SELECT m.name AS mname, pname
FROM manufacturers m LEFT JOIN LATERAL get_product_names(m.id) pname ON true;
```

Совместимость

Разумеется, оператор SELECT совместим со стандартом SQL. Однако не все описанные в стандарте возможности реализованы, а некоторые, наоборот, являются расширениями.

Необязательное предложение FROM

PostgreSQL разрешает опустить предложение FROM. Это позволяет очень легко вычислять результаты простых выражений:

```
SELECT 2+2;
```

```
?column?
-----
         4
```

Некоторые другие базы данных SQL не допускают этого, требуя задействовать в SELECT фиктивную таблицу с одной строкой.

Заметьте, что если предложение FROM не указано, запрос не может обращаться ни к каким таблицам базы данных. Например, следующий запрос недопустим:

```
SELECT distributors.* WHERE distributors.name = 'Westward';
```

До версии 8.1 PostgreSQL мог принимать запросы такого вида, неявно добавляя каждую таблицу, задействованную в запросе, в предложение FROM этого запроса. Теперь это не допускается.

Пустые списки SELECT

Список выходных выражений после SELECT может быть пустым, что в результате даст таблицу без столбцов. Стандарт SQL не считает такой синтаксис допустимым, но PostgreSQL допускает его, так как это согласуется с возможностью иметь таблицы с нулём столбцов. Однако, когда используется DISTINCT, пустой список не допускается.

Необязательное ключевое слово AS

В стандарте SQL необязательное ключевое слово AS можно опустить перед именем выходного столбца, если это имя является допустимым именем столбца (то есть не совпадает с каким-либо зарезервированным ключевым словом). PostgreSQL несколько более строг: AS требуется, если имя столбца совпадает с любым ключевым словом, зарезервированным или нет. Тем не менее, рекомендуется использовать AS или заключать имена выходных столбцов в кавычки, во избежание конфликтов, возможных при появлении в будущем новых ключевых слов.

В списке FROM и стандарт, и PostgreSQL позволяют опускать AS перед псевдонимом, который является незарезервированным ключевым словом. Но для имён выходных столбцов это не подходит из-за синтаксической неоднозначности.

ONLY и наследование

Стандарт SQL требует заключать в скобки имя таблицы после ONLY, например `SELECT * FROM ONLY (tab1), ONLY (tab2) WHERE ...`. PostgreSQL считает эти скобки необязательными.

PostgreSQL позволяет добавлять в конце *, чтобы явно обозначить, что дочерние таблицы включаются в рассмотрение, в отличие от поведения с ONLY. Стандарт не позволяет этого.

(Эти соображения в равной степени касаются всех SQL-команд, поддерживающих параметр ONLY.)

Ограничения предложения TABLESAMPLE

Предложение TABLESAMPLE в настоящий момент принимается только для обычных таблиц и материализованных представлений. Однако согласно стандарту SQL оно должно применяться к любым элементам списка FROM.

Вызовы функций в предложении FROM

PostgreSQL позволяет записать вызов функции непосредственно в виде элемента списка FROM. В стандарте SQL такой вызов функции требуется помещать во вложенный SELECT; то есть, запись `FROM функция(...) псевдоним` примерно равнозначна записи `FROM LATERAL (SELECT функция(...))`

псевдоним. Заметьте, что указание `LATERAL` считается неявным; это связано с тем, что стандарт требует поведения `LATERAL` для элемента `UNNEST()` в предложении `FROM`. PostgreSQL обрабатывает `UNNEST()` так же, как и другие функции, возвращающие множества.

Пространства имён в `GROUP BY` и `ORDER BY`

В стандарте SQL-92 предложение `ORDER BY` может содержать ссылки только на выходные столбцы по именам или номерам, тогда как `GROUP BY` может содержать выражения с именами только входных столбцов. PostgreSQL расширяет оба эти предложения, позволяя также применять другие варианты (но если возникает неоднозначность, он разрешает её согласно стандарту). PostgreSQL также позволяет задавать произвольные выражения в обоих предложениях. Заметьте, что имена, фигурирующие в выражениях, всегда будут восприниматься как имена входных, а не выходных столбцов.

В SQL:1999 и более поздних стандартах введено несколько другое определение, которое не полностью совместимо с SQL-92. Однако в большинстве случаев PostgreSQL будет интерпретировать выражение `ORDER BY` или `GROUP BY` так, как требует SQL:1999.

Функциональные зависимости

PostgreSQL распознаёт функциональную зависимость (что позволяет опускать столбцы в `GROUP BY`), только когда первичный ключ таблицы присутствует в списке `GROUP BY`. В стандарте SQL оговариваются дополнительные условия, которые следует учитывать.

LIMIT и OFFSET

Предложения `LIMIT` и `OFFSET` относятся к специфическим особенностям PostgreSQL и поддерживаются также в MySQL. В стандарте SQL:2008 для той же цели вводятся предложения `OFFSET ... FETCH {FIRST|NEXT} ...`, рассмотренные ранее в Подразделе «Предложение `LIMIT`». Этот синтаксис также используется в IBM DB2. (Приложения, написанные для Oracle, часто применяют обходной способ и получают эффект этих предложений, задействуя автоматически генерируемый столбец `rownum`, который отсутствует в PostgreSQL.)

FOR NO KEY UPDATE, FOR UPDATE, FOR SHARE, FOR KEY SHARE

Хотя указание `FOR UPDATE` есть в стандарте SQL, стандарт позволяет использовать его только в предложении `DECLARE CURSOR`. PostgreSQL допускает его использование в любом запросе `SELECT`, а также в подзапросах `SELECT`, но это является расширением. Варианты `FOR NO KEY UPDATE`, `FOR SHARE` и `FOR KEY SHARE`, а также указания `NOWAIT` и `SKIP LOCKED` в стандарте отсутствуют.

Изменение данных в WITH

PostgreSQL разрешает использовать `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE` в качестве запросов `WITH`. Стандарт SQL этого не предусматривает.

Нестандартные предложения

`DISTINCT ON ( ... )` — расширение стандарта SQL.

`ROWS FROM( ... )` — расширение стандарта SQL.

SELECT INTO

SELECT INTO — создать таблицу из результатов запроса

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [, ...] ]  
SELECT [ ALL | DISTINCT [ ON ( выражение [, ...] ) ] ]  
    * | выражение [ [ AS ] имя_результата ] [, ...]  
    INTO [ TEMPORARY | TEMP | UNLOGGED ] [ TABLE ] новая_таблица  
    [ FROM элемент_FROM [, ...] ]  
    [ WHERE условие ]  
    [ GROUP BY выражение [, ...] ]  
    [ HAVING условие [, ...] ]  
    [ WINDOW имя_окна AS ( определение_окна ) [, ...] ]  
    [ { UNION | INTERSECT | EXCEPT } [ ALL | DISTINCT ] выборка ]  
    [ ORDER BY выражение [ ASC | DESC | USING оператор ] [ NULLS { FIRST | LAST } ]  
    [, ...] ]  
    [ LIMIT { число | ALL } ]  
    [ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]  
    [ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY ]  
    [ FOR { UPDATE | SHARE } [ OF имя_таблицы [, ...] ] [ NOWAIT ] [...] ]
```

Описание

SELECT INTO создаёт новую таблицу и заполняет её данными, полученными из запроса. Данные не передаются клиенту, как с обычной командой SELECT. Столбцы новой таблицы получают имена и типы данных, связанные с выходными столбцами SELECT.

Параметры

TEMPORARY или TEMP

Если указано, создаваемая таблица будет временной. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

UNLOGGED

Если указано, создаваемая таблица будет нежурналируемой. За подробностями обратитесь к CREATE TABLE.

новая_таблица

Имя создаваемой таблицы (возможно, дополненное схемой).

Все другие параметры подробно описываются в SELECT.

Замечания

Команда SELECT INTO действует подобно CREATE TABLE AS, но рекомендуется использовать CREATE TABLE AS, так как SELECT INTO не поддерживается в ECPG и PL/pgSQL, вследствие того, что они воспринимают предложение INTO по-своему. К тому же, CREATE TABLE AS предоставляет больший набор возможностей, чем SELECT INTO.

Чтобы добавить столбец OID в таблицу, создаваемую командой SELECT INTO, необходимо установить конфигурационную переменную default_with_oids. С другой стороны, можно использовать CREATE TABLE AS с предложением WITH OIDS.

Примеры

Создание таблицы films_recent, содержащей только последние записи из таблицы films:

```
SELECT * INTO films_recent FROM films WHERE date_prod >= '2002-01-01';
```

Совместимость

В стандарте SQL команда `SELECT INTO` применяется для передачи скалярных значений клиентской программе, но не для создания новой таблицы. Именно это применение имеет место в ECPG (см. Главу 36) и в PL/pgSQL (см. Главу 43). В PostgreSQL команда `SELECT INTO` связана с созданием таблицы по историческим причинам. В новом коде для этих целей лучше использовать `CREATE TABLE AS`.

См. также

`CREATE TABLE AS`

SET

SET — изменить параметр времени выполнения

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] параметр_конфигурации { TO | = } { значение | 'значение' |  
  DEFAULT }  
SET [ SESSION | LOCAL ] TIME ZONE { часовой_пояс | LOCAL | DEFAULT }
```

Описание

Команда SET изменяет конфигурационные параметры времени выполнения. С помощью SET можно «на лету» изменить многие из параметров, перечисленных в Главе 19. (Но для изменения некоторых могут потребоваться права суперпользователя, а другие нельзя изменять после запуска сервера или сеанса.) SET влияет на значение параметра только в рамках текущего сеанса.

Если команда SET (или равнозначная SET SESSION) выполняется внутри транзакции, которая затем прерывается, эффект команды SET пропадает, когда транзакция откатывается. Если же окружающая транзакция фиксируется, этот эффект сохраняется до конца сеанса, если его не переопределяет другая команда SET.

Действие SET LOCAL продолжается только до конца текущей транзакции, независимо от того, фиксируется она или нет. Особый случай представляет использование SET с последующей SET LOCAL в одной транзакции: значение, заданное SET LOCAL, будет сохраняться до конца транзакции, но после этого (если транзакция фиксируется) восстановится значение, заданное командой SET.

Действия SET или SET LOCAL также отменяются при откате к точке сохранения, установленной до выполнения этих команд.

Если SET LOCAL применяется в функции, параметр SET для которой устанавливает значение той же переменной (см. CREATE FUNCTION), действие команды SET LOCAL прекращается при выходе из функции; то есть, в любом случае восстанавливается значение, существовавшее при вызове функции. Это позволяет использовать SET LOCAL для динамических и неоднократных изменений параметра в рамках функции, и при этом иметь удобную возможность использовать параметр SET для сохранения и восстановления значения, полученного извне. Однако обычная команда SET переопределяет любой параметр SET окружающей функции; её действие сохраняется, если не происходит откат транзакции.

Примечание

В PostgreSQL с версии 8.0 до 8.2 действие SET LOCAL могло отменяться при освобождении ранее установленной точки сохранения или при успешном выходе из блока включения PL/pgSQL. Затем это поведение было признано неинтуитивным, и было изменено.

Параметры

SESSION

Указывает, что команда действует в рамках текущего сеанса. (Это поведение по умолчанию, если не указано ни SESSION, ни LOCAL.)

LOCAL

Указывает, что команда действует только в рамках текущей транзакции. После COMMIT или ROLLBACK в силу вновь вступает значение, определённое на уровне сеанса. При выполнении такой команды вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

параметр_конфигурации

Имя устанавливаемого параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и ниже.

значение

Новое значение параметра. Параметры могут задаваться в виде строковых констант, идентификаторов, чисел или списков перечисленных типов через запятую, в зависимости от конкретного параметра. Указание `DEFAULT` в данном контексте позволяет сбросить параметр к значению по умолчанию (то есть, к тому значению, которое он имел бы, если в текущем сеансе не выполнялись бы команды `SET`).

Помимо конфигурационных параметров, описанных в Главе 19, есть ещё несколько параметров, которые можно изменить только командой `SET` или которые имеют особый синтаксис:

SCHEMA

`SET SCHEMA 'значение'` — альтернативное написание команды `SET search_path TO значение`. Такой синтаксис позволяет указать только одну схему.

NAMES

`SET NAMES значение` — альтернативное написание команды `SET client_encoding TO значение`.

SEED

Устанавливает внутреннее начальное значение для генератора случайных чисел (функции `random`). В качестве значения допускаются числа с плавающей точкой от -1 до 1, для внутреннего применения они затем умножаются на $2^{31}-1$.

Это начальное значение также можно установить, вызвав функцию `setseed`:

```
SELECT setseed(значение);
```

TIME ZONE

`SET TIME ZONE значение` — альтернативное написание команды `SET timezone TO значение`. Синтаксис `SET TIME ZONE` позволяет указывать часовой пояс в специальном формате. Например, допускаются следующие значения:

`'PST8PDT'`

Часовой пояс Беркли, штат Калифорния.

`'Europe/Rome'`

Часовой пояс Италии.

`-7`

Часовой пояс, сдвинутый от UTC на 7 часов к западу (равнозначен PDT). Положительные значения означают сдвиг от UTC к востоку.

`INTERVAL '-08:00' HOUR TO MINUTE`

Часовой пояс, сдвинутый от UTC на 8 часов к западу (равнозначен PST).

`LOCAL`

`DEFAULT`

Устанавливает в качестве часового пояса местный часовой пояс (то есть, значение серверного параметра `timezone` по умолчанию).

Значения часового пояса, заданные в виде чисел или интервалов, внутри переводятся в формат часовых поясов POSIX. Например, после `SET TIME ZONE -7`, команда `SHOW TIME ZONE` покажет `<-07>+07`.

Узнать о часовых поясах подробнее можно в Подразделе 8.5.3.

Замечания

Также изменить значение параметра можно с помощью функции `set_config`; см. Раздел 9.26. Кроме того, выполнив `UPDATE` в системном представлении `pg_settings`, можно произвести то же действие, что выполняет `SET`.

Примеры

Установка пути поиска схем:

```
SET search_path TO my_schema, public;
```

Установка традиционного стиля даты POSTGRES с форматом ввода «день, месяц, год»:

```
SET datestyle TO postgres, dmy;
```

Установка часового пояса для Беркли, штат Калифорния:

```
SET TIME ZONE 'PST8PDT';
```

Установка часового пояса Италии:

```
SET TIME ZONE 'Europe/Rome';
```

Совместимость

`SET TIME ZONE` расширяет синтаксис, определённый в стандарте SQL. Стандарт допускает только числовые смещения часовых поясов, тогда как PostgreSQL позволяет задавать часовой пояс более гибко. Все другие функции `SET` являются расширениями PostgreSQL.

См. также

`RESET`, `SHOW`

SET CONSTRAINTS

SET CONSTRAINTS — установить время проверки ограничений для текущей транзакции

Синтаксис

```
SET CONSTRAINTS { ALL | имя [, ...] } { DEFERRED | IMMEDIATE }
```

Описание

SET CONSTRAINTS определяет, когда будут проверяться ограничения в текущей транзакции. Ограничения IMMEDIATE проверяются в конце каждого оператора, а ограничения DEFERRED откладываются до фиксации транзакции. Режим IMMEDIATE или DEFERRED задаётся для каждого ограничения независимо.

При создании ограничение получает одну из следующих характеристик: DEFERRABLE INITIALLY DEFERRED (откладываемое, изначально отложенное), DEFERRABLE INITIALLY IMMEDIATE (откладываемое, изначально немедленное) или NOT DEFERRABLE (неоткладываемое). Третий вариант всегда подразумевает IMMEDIATE и на него команда SET CONSTRAINTS не влияет. Первые два варианта запускаются в каждой транзакции в указанном режиме, но их поведение можно изменить в рамках транзакции командой SET CONSTRAINTS.

SET CONSTRAINTS со списком имён ограничений меняет режим только этих ограничений (все они должны быть откладываемыми). Имя любого ограничения можно дополнить схемой. Если имя схемы не указано, в поисках первого подходящего имени будет просматриваться текущий путь поиска схем. SET CONSTRAINTS ALL меняет режим всех откладываемых ограничений.

Когда SET CONSTRAINTS меняет режим ограничения с DEFERRED на IMMEDIATE, новый режим начинает действовать в обратную сторону: все изменения данных, ожидающие проверки в конце транзакции, вместо этого проверяются в момент выполнения команды SET CONSTRAINTS. Если какое-либо ограничение нарушается, при выполнении SET CONSTRAINTS происходит ошибка (и режим проверки не меняется). Таким образом, с помощью SET CONSTRAINTS можно принудительно проверить ограничения в определённом месте транзакции.

В настоящее время это распространяется только на ограничения UNIQUE, PRIMARY KEY, REFERENCES (внешний ключ) и EXCLUDE. Ограничения NOT NULL и CHECK всегда проверяются немедленно в момент добавления или изменения строки (не в конце оператора). Ограничения уникальности и ограничения-исключения, объявленные без указания DEFERRABLE, так же проверяются немедленно.

Срабатывание триггеров, объявленных как «триггеры ограничений» так же зависит от этой команды — они срабатывают в момент, когда должно проверяться соответствующее ограничение.

Замечания

Так как PostgreSQL не требует, чтобы имена ограничений были уникальны в схеме (достаточно уникальности в таблице), возможно, что для заданного имени найдётся несколько соответствующих ограничений. В этом случае SET CONSTRAINTS подействует на все эти ограничения. Для имён без указания схемы, её действие будет распространяться только на ограничение(я), найденное в первой из схем; другие схемы просматриваться не будут.

Эта команда меняет поведение ограничений только в текущей транзакции. При выполнении этой команды вне блока транзакции выдаётся предупреждение и больше ничего не происходит.

Совместимость

Эта команда реализует поведение, описанное в стандарте SQL, с одним исключением — в PostgreSQL она не влияет на проверку ограничений NOT NULL и CHECK. Кроме того, PostgreSQL

проверяет неоткладываемые ограничения уникальности немедленно, а не в конце оператора, как предлагает стандарт.

SET ROLE

SET ROLE — установить идентификатор текущего пользователя в рамках сеанса

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] ROLE имя_роли
SET [ SESSION | LOCAL ] ROLE NONE
RESET ROLE
```

Описание

Эта команда меняет идентификатор текущего пользователя в активном сеансе SQL на *имя_роли*. Имя роли может быть записано в виде идентификатора или строковой константы. После SET ROLE, права доступа для команд SQL проверяются так, как если бы сеанс изначально был установлен с этим именем роли.

Указывая определённое *имя_роли*, текущий пользователь должен являться членом этой роли. (Если пользователь сеанса является суперпользователем, он может выбрать любую роль.)

Указания SESSION и LOCAL действуют на эту команду так же, как и на обычную команду SET.

Формы NONE и RESET сбрасывают идентификатор текущего пользователя, так что активным становится идентификатор пользователя сеанса. Эти формы могут выполняться любыми пользователями.

Замечания

С помощью этой команды можно как добавить права, так и ограничить их. Если роль пользователя сеанса имеет атрибут INHERITS, она автоматически получает права всех ролей, на которые может переключиться (с помощью SET ROLE); в этом случае SET ROLE убирает все права, назначенные непосредственно пользователю сеанса и другим ролям, в которые он включён, и оставляет только права, назначенные указанной роли. Если же роль пользователя сеанса имеет атрибут NOINHERITS, SET ROLE убирает права, назначенные непосредственно пользователю сеанса, и вместо них назначает права, которые имеет указанная роль.

В частности, когда суперпользователь переключается на роль не суперпользователя (используя SET ROLE), он теряет свои права суперпользователя.

SET ROLE оказывает действие, сравнимое с SET SESSION AUTHORIZATION, но проверка прав выполняется по-другому. Также SET SESSION AUTHORIZATION определяет, какие роли разрешены для последующей SET ROLE, тогда как при смене ролей командой SET ROLE набор ролей, допустимых для последующей команды SET ROLE не меняется.

SET ROLE не обрабатывает сеансовые переменные, указанные в свойствах роли (ALTER ROLE); они устанавливаются только при подключении.

SET ROLE нельзя использовать внутри функции с характеристикой SECURITY DEFINER.

Примеры

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;
```

```
session_user | current_user
-----+-----
peter        | peter
```

```
SET ROLE 'paul';
```

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;
```

```
  session_user | current_user  
-----+-----  
peter         | paul
```

Совместимость

PostgreSQL принимает идентификаторы ("*имя_роли*"), тогда как стандарт SQL требует, чтобы имя роли записывалось в виде строковой константы. Стандарт не позволяет выполнять эту команду в транзакции; в PostgreSQL такого ограничения нет, так как для него нет причины. Указания `SESSION` и `LOCAL` относятся к расширениям PostgreSQL, так же, как и синтаксис `RESET`.

См. также

`SET SESSION AUTHORIZATION`

SET SESSION AUTHORIZATION

SET SESSION AUTHORIZATION — установить идентификатор пользователя сеанса и идентификатор текущего пользователя в рамках сеанса

Синтаксис

```
SET [ SESSION | LOCAL ] SESSION AUTHORIZATION имя_пользователя
SET [ SESSION | LOCAL ] SESSION AUTHORIZATION DEFAULT
RESET SESSION AUTHORIZATION
```

Описание

Эта команда меняет идентификатор пользователя сеанса и идентификатор текущего пользователя в рамках активного сеанса SQL на *имя_пользователя*. Имя пользователя может быть записано в виде идентификатора или строковой константы. С помощью этой команды, можно, например, временно переключиться на непривилегированного пользователя, сохранив возможность затем стать суперпользователем.

Идентификатором пользователя сеанса изначально принимается имя пользователя, введенное клиентом (возможно, прошедшее проверку подлинности). Идентификатор текущего пользователя обычно совпадает с идентификатором пользователя сеанса, но может временно меняться в функциях с характеристикой `SECURITY DEFINER` и подобными механизмами; также его можно изменить командой `SET ROLE`. Идентификатор текущего пользователя принимается во внимание при проверке разрешений.

Идентификатор пользователя сеанса можно изменить, только если начальный пользователь сеанса (*аутентифицированный пользователь*) имеет права суперпользователя. В противном случае эта команда разрешается, только если в ней указывается имя аутентифицированного пользователя.

Указания `SESSION` и `LOCAL` действуют на эту команду так же, как и на обычную команду `SET`.

Формы `DEFAULT` и `RESET` сбрасывают идентификаторы текущего пользователя и пользователя сеанса, так что текущим становится пользователь, изначально проходивший проверку подлинности. Эти формы могут выполняться любым пользователем.

Замечания

SET SESSION AUTHORIZATION нельзя использовать в функции с характеристикой `SECURITY DEFINER`.

Примеры

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;
```

```
session_user | current_user
-----+-----
peter       | peter
```

```
SET SESSION AUTHORIZATION 'paul';
```

```
SELECT SESSION_USER, CURRENT_USER;
```

```
session_user | current_user
-----+-----
paul        | paul
```

Совместимость

Стандарт SQL позволяет вместо строковой константы *имя_пользователя* указывать некоторые другие выражения, но на практике это не очень полезно. PostgreSQL допускает синтаксис идентификаторов ("*имя_пользователя*"), а стандарт SQL — нет. Стандарт не позволяет выполнять эту команду в транзакции; в PostgreSQL такого ограничения нет, так как для него нет причины. Указания `SESSION` и `LOCAL` относятся к расширениям PostgreSQL, так же, как и синтаксис `RESET`.

Набор прав, требуемых для выполнения этой команды, согласно стандарту, определяется реализацией.

См. также

SET ROLE

SET TRANSACTION

SET TRANSACTION — установить характеристики текущей транзакции

Синтаксис

```
SET TRANSACTION режим_транзакции [, ...]
SET TRANSACTION SNAPSHOT id_снимка
SET SESSION CHARACTERISTICS AS TRANSACTION режим_транзакции [, ...]
```

Где *режим_транзакции* может быть следующим:

```
ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ
UNCOMMITTED }
READ WRITE | READ ONLY
[ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

Команда SET TRANSACTION устанавливает характеристики текущей транзакции. На последующие транзакции она не влияет. SET SESSION CHARACTERISTICS устанавливает характеристики транзакции по умолчанию для последующих транзакций в рамках сеанса. Заданные по умолчанию характеристики затем можно переопределить для отдельных транзакций командой SET TRANSACTION.

К характеристикам транзакции относится уровень изоляции транзакции, режим доступа транзакции (чтение/запись или только чтение) и допустимость её откладывания. В дополнение к ним можно выбрать снимок, но только для текущей транзакции, не для сеанса по умолчанию.

Уровень изоляции транзакции определяет, какие данные может видеть транзакция, когда параллельно с ней выполняются другие транзакции:

READ COMMITTED

Оператор видит только те строки, которые были зафиксированы до начала его выполнения. Этот уровень устанавливается по умолчанию.

REPEATABLE READ

Все операторы текущей транзакции видят только те строки, которые были зафиксированы перед первым запросом на выборку или изменение данных, выполненным в этой транзакции.

SERIALIZABLE

Все операторы текущей транзакции видят только те строки, которые были зафиксированы перед первым запросом на выборку или изменение данных, выполненным в этой транзакции. Если наложение операций чтения и записи параллельных сериализуемых транзакций может привести к ситуации, невозможной при последовательном их выполнении (когда одна транзакция выполняется за другой), произойдёт откат одной из транзакций с ошибкой `serialization_failure` (сбой сериализации).

В стандарте SQL определён ещё один уровень, READ UNCOMMITTED. В PostgreSQL уровень READ UNCOMMITTED обрабатывается как READ COMMITTED.

Уровень изоляции транзакции нельзя изменить после выполнения первого запроса на выборку или изменение данных (SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE, FETCH или COPY) в текущей транзакции. За дополнительными сведениями об изоляции транзакций и управлении параллельным доступом обратитесь к Главе 13.

Режим доступа транзакции определяет, будет ли транзакция только читать данные или будет и читать, и писать. По умолчанию подразумевается чтение/запись. В транзакции без записи запре-

щаются следующие команды SQL: INSERT, UPDATE, DELETE и COPY FROM, если только целевая таблица не временная; любые команды CREATE, ALTER и DROP, а также COMMENT, GRANT, REVOKE, TRUNCATE; кроме того, запрещаются EXPLAIN ANALYZE и EXECUTE, если команда, которую они должны выполнить, относится к вышеперечисленным. Это высокоуровневое определение режима только для чтения, которое в принципе не исключает запись на диск.

Свойство DEFERRABLE оказывает влияние, только если транзакция находится также в режимах SERIALIZABLE и READ ONLY. Когда для транзакции установлены все три этих свойства, транзакция может быть заблокирована при первой попытке получить свой снимок данных, после чего она сможет выполняться без дополнительных усилий, обычных для режима SERIALIZABLE, и без риска привести к сбою сериализации или пострадать от него. Этот режим подходит для длительных операций, например для построения отчётов или резервного копирования.

Команда SET TRANSACTION SNAPSHOT позволяет выполнить новую транзакцию со *снимком данных*, который имеет уже существующая. Эта ранее созданная транзакция должна экспортировать этот снимок с помощью функции pg_export_snapshot (см. Подраздел 9.26.5). Эта функция возвращает идентификатор снимка, который и нужно передать команде SET TRANSACTION SNAPSHOT в качестве идентификатора импортируемого снимка. В данной команде этот идентификатор должен записываться в виде строковой константы, например '000003A1-1'. SET TRANSACTION SNAPSHOT можно выполнить только в начале транзакции, до первого запроса на выборку или изменение данных (SELECT, INSERT, DELETE, UPDATE, FETCH или COPY) в текущей транзакции. Более того, для транзакции уже должен быть установлен уровень изоляции SERIALIZABLE или REPEATABLE READ (в противном случае, снимок будет сразу же потерян, так как на уровне READ COMMITTED для каждой команды делается новый снимок). Если импортирующая транзакция работает на уровне изоляции SERIALIZABLE, то транзакция, экспортирующая снимок, также должна работать на этом уровне. Кроме того, транзакции в режиме чтение/запись не могут импортировать снимок из транзакции в режиме «только чтение».

Замечания

Если команде SET TRANSACTION не предшествует START TRANSACTION или BEGIN, она выдаёт предупреждение и больше ничего не делает.

Без SET TRANSACTION можно обойтись, задав требуемые *режимы транзакции* в операторах BEGIN или START TRANSACTION. Но для SET TRANSACTION SNAPSHOT такой возможности не предусмотрено.

Режимы транзакции для сеанса по умолчанию можно также задать в конфигурационных переменных default_transaction_isolation, default_transaction_read_only и default_transaction_deferrable. (На практике, SET SESSION CHARACTERISTICS — это просто более многословная альтернатива изменению этих переменных командой SET.) Это значит, что значения этих переменных по умолчанию можно задать в файле конфигурации, с помощью команды ALTER DATABASE и т. д. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 19.

Примеры

Чтобы начать новую транзакцию со снимком данных, который получила уже существующая транзакция, его нужно сначала экспортировать из первой транзакции. При этом будет получен идентификатор снимка, например:

```
BEGIN TRANSACTION ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
SELECT pg_export_snapshot();
       pg_export_snapshot
-----
00000003-0000001B-1
(1 row)
```

Затем этот идентификатор нужно передать команде SET TRANSACTION SNAPSHOT в начале новой транзакции:

```
BEGIN TRANSACTION ISOLATION LEVEL REPEATABLE READ;
```



```
SET TRANSACTION SNAPSHOT '00000003-0000001B-1';
```

Совместимость

Эти команды определены в стандарте SQL, за исключением режима транзакции `DEFERRABLE` и формы `SET TRANSACTION SNAPSHOT`, которые являются расширениями PostgreSQL.

В стандарте уровнем изоляции по умолчанию является `SERIALIZABLE`. В PostgreSQL уровнем по умолчанию обычно считается `READ COMMITTED`, но его можно изменить, как описано выше.

В стандарте SQL есть ещё одна характеристика транзакции, которую нельзя задать этими командами: размер диагностической области. Эта специфическая концепция встраиваемого SQL, поэтому в сервере PostgreSQL она не реализована.

Стандарт SQL требует, чтобы последовательные *режимы_транзакций* разделялись запятыми, но по историческим причинам PostgreSQL позволяет опустить запятые.

SHOW

SHOW — показать значение параметра времени выполнения

Синтаксис

```
SHOW имя  
SHOW ALL
```

Описание

SHOW выводит текущие значения параметров времени выполнения. Эти переменные можно установить, воспользовавшись оператором SET, отредактировав файл конфигурации `postgresql.conf`, передав в переменной окружения `PGOPTIONS` (при использовании `psql` или приложения на базе `libpq`) либо в параметрах командной строки при запуске сервера `postgres`. За подробностями обратитесь к Главе 19.

Параметры

имя

Имя параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19 и на странице справки SET. Кроме того, есть несколько параметров, которые можно просмотреть, но нельзя изменить:

SERVER_VERSION

Показывает номер версии сервера.

SERVER_ENCODING

Показывает кодировку набора символов на стороне сервера. В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как кодировка определяется в момент создания базы данных.

LC_COLLATE

Показывает параметр локали базы данных, определяющий правило сортировки (порядок текстовых строк). В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как он определяется в момент создания базы данных.

LC_CTYPE

Показывает параметр локали базы данных, определяющий классификацию символов. В настоящее время этот параметр можно узнать, но нельзя изменить, так как он определяется в момент создания базы данных.

IS_SUPERUSER

Возвращает true, если текущая роль обладает правами суперпользователя.

ALL

Показать значения всех конфигурационных параметров с описаниями.

Замечания

Ту же информацию выдаёт функция `current_setting`; см. Раздел 9.26. Кроме того, эту информацию можно получить через системное представление `pg_settings`.

Примеры

Просмотр текущего значения параметра `DateStyle`:

```
SHOW DateStyle;
DateStyle
-----
ISO, MDY
(1 row)
```

Просмотр текущего значения параметра `geqo`:

```
SHOW geqo;
geqo
-----
on
(1 row)
```

Просмотр всех параметров:

```
SHOW ALL;
name | setting | description
-----+-----+-----
allow_system_table_mods | off      | Allows modifications of the structure of ...
.
.
.
xmloption | content | Sets whether XML data in implicit parsing ...
zero_damaged_pages | off      | Continues processing past damaged page headers.
(196 rows)
```

Совместимость

Команда `SHOW` является расширением PostgreSQL.

См. также

SET, RESET

START TRANSACTION

START TRANSACTION — начать блок транзакции

Синтаксис

```
START TRANSACTION [ режим_транзакции [, ...] ]
```

Где *режим_транзакции* может быть следующим:

```
ISOLATION LEVEL { SERIALIZABLE | REPEATABLE READ | READ COMMITTED | READ  
UNCOMMITTED }  
READ WRITE | READ ONLY  
[ NOT ] DEFERRABLE
```

Описание

Эта команда начинает новый блок транзакции. Если указан уровень изоляции, режим чтения/записи или допустимость откладывания транзакции, новая транзакция получит эти характеристики, как при выполнении команды SET TRANSACTION. Данная команда равнозначна команде BEGIN.

Параметры

За описанием параметров этого оператора обратитесь к SET TRANSACTION.

Совместимость

Согласно стандарту, выполнять START TRANSACTION, чтобы начать блок транзакции, необязательно: блок неявно начинает любая команда SQL. Поведение PostgreSQL можно представить как неявное выполнение COMMIT после каждой команды, которой не предшествует START TRANSACTION (или BEGIN), и поэтому такое поведение часто называется «автофиксацией». Другие реляционные СУБД тоже могут предлагать автофиксацию как удобную возможность.

Значение DEFERRABLE параметра *режим_транзакции* является языковым расширением PostgreSQL.

Стандарт SQL требует, чтобы последовательные *режимы_транзакций* разделялись запятыми, но по историческим причинам PostgreSQL позволяет опустить запятое.

См. также сведения о совместимости в описании SET TRANSACTION.

См. также

BEGIN, COMMIT, ROLLBACK, SAVEPOINT, SET TRANSACTION

TRUNCATE

TRUNCATE — опустошить таблицу или набор таблиц

Синтаксис

```
TRUNCATE [ TABLE ] [ ONLY ] имя [ * ] [, ... ]  
[ RESTART IDENTITY | CONTINUE IDENTITY ] [ CASCADE | RESTRICT ]
```

Описание

Команда TRUNCATE быстро удаляет все строки из набора таблиц. Она действует так же, как безусловная команда DELETE для каждой таблицы, но гораздо быстрее, так как она фактически не сканирует таблицы. Более того, она немедленно высвобождает дисковое пространство, так что выполнять операцию VACUUM после неё не требуется. Наиболее полезна она для больших таблиц.

Параметры

имя

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), подлежащей опустошению. Если перед именем таблицы указано ONLY, очищается только заданная таблица. Без ONLY очищается и заданная таблица, и все её потомки (если таковые есть). После имени таблицы можно также добавить необязательное указание *, чтобы явно обозначить, что блокировка затрагивает и все дочерние таблицы.

RESTART IDENTITY

Автоматически перезапускать последовательности, связанные со столбцами опустошаемой таблицы.

CONTINUE IDENTITY

Не изменять значения последовательностей. Это поведение по умолчанию.

CASCADE

Автоматически опустошать все таблицы, ссылающиеся по внешнему ключу на заданные таблицы, или на таблицы, затронутые в результате действия CASCADE.

RESTRICT

Отказать в опустошении любых таблиц, на которые по внешнему ключу ссылаются другие таблицы, не перечисленные в этой команде. Это поведение по умолчанию.

Замечания

Чтобы опустошить таблицу, необходимо иметь право TRUNCATE для этой таблицы.

Команда TRUNCATE запрашивает блокировку ACCESS EXCLUSIVE для каждой таблицы, которую она обрабатывает. Когда указано RESTART IDENTITY, все последовательности, которые должны быть перезапущены, так же блокируются исключительно. В случаях, когда требуется обеспечить параллельный доступ к таблице, следует использовать DELETE.

TRUNCATE нельзя использовать с таблицей, на которую по внешнему ключу ссылаются другие таблицы, если только и эти таблицы не опустошаются этой же командой. Проверка допустимости очистки в таких случаях потребовала бы сканирования таблицы, а главная идея данной команды в том, чтобы не делать этого. Для автоматической обработки всех зависимых таблиц можно использовать указание CASCADE — но будьте очень осторожны с ним, иначе вы можете потерять данные, которые не собирались удалять!

При выполнении `TRUNCATE` не срабатывают никакие триггеры `ON DELETE`, которые могут быть настроены для таблиц. Однако при этом срабатывают триггеры `ON TRUNCATE`. Если триггеры `ON TRUNCATE` определены для любых из этих таблиц, то все триггеры `BEFORE TRUNCATE` срабатывают до того, как происходит опустошение, а все триггеры `AFTER TRUNCATE` срабатывают после того, как завершается опустошение последней таблицы и все последовательности сбрасываются. Триггеры срабатывают по порядку обработки таблиц (сначала для таблиц, перечисленных в команде, затем для тех, что затрагиваются каскадно).

Команда `TRUNCATE` небезопасна с точки зрения MVCC. После опустошения таблицы она будет выглядеть пустой для параллельных транзакций, если они работают со снимком, полученным до опустошения. За подробностями обратитесь к Разделу 13.5.

`TRUNCATE` является надёжной транзакционной операцией в отношении данных в таблицах: опустошение будет безопасно отменено, если окружающая транзакция не будет зафиксирована.

С указанием `RESTART IDENTITY` подразумеваемые операции `ALTER SEQUENCE RESTART` также выполняются транзакционно; то есть, они будут отменены, если окружающая транзакция не будет зафиксирована. Это отличается от обычного поведения `ALTER SEQUENCE RESTART`. Учтите, что если до того, как транзакция отменится, будут выполнены какие-либо дополнительные операции с последовательностями, эффект этих операций также будет отменён, но не их влияние на значение `currval()`; то есть после транзакции `currval()` продолжит возвращать последнее значение последовательности, полученное внутри прерванной транзакции, хотя сама последовательность уже может быть несогласованной с ним. Подобным образом обычно ведёт себя `currval()` после сбоя транзакции.

`TRUNCATE` в настоящее время не поддерживается для сторонних таблиц. Из этого следует, что если у целевой таблицы есть дочерние таблицы, являющиеся сторонними, команда не будет выполнена.

Примеры

Опустошение таблиц `bigtable` и `fattable`:

```
TRUNCATE bigtable, fattable;
```

Та же операция и сброс всех связанных генераторов последовательностей:

```
TRUNCATE bigtable, fattable RESTART IDENTITY;
```

Опустошение таблицы `othertable` и каскадная обработка всех таблиц, ссылающихся на `othertable` по ограничениям внешнего ключа:

```
TRUNCATE othertable CASCADE;
```

Совместимость

Стандарт SQL:2008 включает команду `TRUNCATE` с синтаксисом `TRUNCATE TABLE имя_таблицы`. Предложения `CONTINUE IDENTITY/RESTART IDENTITY` также описаны в стандарте, но с небольшими отличиями, хотя их назначение похоже. Поведение этой команды при параллельных операциях, согласно стандарту, отчасти определяются реализацией, так что приведённые выше замечания при необходимости следует учитывать и сопоставлять с другими реализациями.

См. также

`DELETE`

UNLISTEN

UNLISTEN — прекратить ожидание уведомления

Синтаксис

```
UNLISTEN { канал | * }
```

Описание

UNLISTEN применяется для отмены существующей подписки на получение событий NOTIFY. UNLISTEN отменяет существующую подписку в текущем сеансе PostgreSQL на канал уведомлений с именем *канал*. Специальный знак * отменяет все подписки в текущем сеансе.

В описании NOTIFY использование LISTEN и NOTIFY рассматривается более подробно.

Параметры

канал

Имя канала уведомлений (любой идентификатор).

*

Отменяются все текущие подписки на уведомления для активного сеанса.

Замечания

Вы можете также попытаться отменить подписку на канал, на который не подписаны; предупреждений или ошибки при этом не будет.

UNLISTEN * автоматически выполняется в конце каждого сеанса.

Транзакция, выполнившая UNLISTEN, не может быть подготовлена для двухфазной фиксации.

Примеры

Подписка на получение события:

```
LISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
Asynchronous notification "virtual" received from server process with PID 8448.
```

Сразу после выполнения UNLISTEN последующие сообщения NOTIFY игнорируются:

```
UNLISTEN virtual;
NOTIFY virtual;
-- событие NOTIFY не поступает
```

Совместимость

Команда UNLISTEN отсутствует в стандарте SQL.

См. также

LISTEN, NOTIFY

UPDATE

UPDATE — изменить строки таблицы

Синтаксис

```
[ WITH [ RECURSIVE ] запрос_WITH [ , ... ] ]  
UPDATE [ ONLY ] имя_таблицы [ * ] [ [ AS ] псевдоним ]  
    SET { имя_столбца = { выражение | DEFAULT } |  
        ( имя_столбца [ , ... ] ) = [ ROW ] ( { выражение | DEFAULT } [ , ... ] ) |  
        ( имя_столбца [ , ... ] ) = ( вложенный_SELECT )  
    } [ , ... ]  
[ FROM список_FROM ]  
[ WHERE условие | WHERE CURRENT OF имя_курсора ]  
[ RETURNING * | выражение_результата [ [ AS ] имя_результата ] [ , ... ] ]
```

Описание

UPDATE изменяет значения указанных столбцов во всех строках, удовлетворяющих условию. В предложении SET должны указываться только те столбцы, которые будут изменены; столбцы, не изменяемые явно, сохраняют свои предыдущие значения.

Изменить строки в таблице, используя информацию из других таблиц в базе данных, можно двумя способами: применяя вложенные запросы или указав дополнительные таблицы в предложении FROM. Выбор предпочитаемого варианта зависит от конкретных обстоятельств.

Предложение RETURNING указывает, что команда UPDATE должна вычислить и вернуть значения для каждой фактически изменённой строки. Вычислить в нём можно любое выражение со столбцами целевой таблицы и/или столбцами других таблиц, упомянутых во FROM. При этом в выражении будут использоваться новые (изменённые) значения столбцов таблицы. Список RETURNING имеет тот же синтаксис, что и список результатов SELECT.

Для выполнения этой команды необходимо иметь право UPDATE для таблицы, или как минимум для столбцов, перечисленных в списке изменяемых. Также необходимо иметь право SELECT для всех столбцов, значения которых считываются в *выражениях* или *условии*.

Параметры

запрос_WITH

Предложение WITH позволяет задать один или несколько подзапросов, на которые затем можно сослаться по имени в запросе UPDATE. Подробнее об этом см. Раздел 7.8 и SELECT.

имя_таблицы

Имя таблицы (возможно, дополненное схемой), строки которой будут изменены. Если перед именем таблицы добавлено ONLY, соответствующие строки изменяются только в указанной таблице. Без ONLY строки будут также изменены во всех таблицах, унаследованных от указанной. При желании, после имени таблицы можно указать *, чтобы явно обозначить, что операция затрагивает все дочерние таблицы.

псевдоним

Альтернативное имя целевой таблицы. Когда указывается это имя, оно полностью скрывает фактическое имя таблицы. Например, в запросе UPDATE foo AS f дополнительные компоненты оператора UPDATE должны обращаться к целевой таблице по имени f, а не foo.

имя_столбца

Имя столбца в таблице *имя_таблицы*. Имя столбца при необходимости может быть дополнено именем вложенного поля или индексом массива. Имя таблицы добавлять к имени целевого столбца не нужно — например, запись UPDATE table_name SET table_name.col = 1 ошибочна.

выражение

Выражение, результат которого присваивается столбцу. В этом выражении можно использовать предыдущие значения этого и других столбцов таблицы.

DEFAULT

Присвоить столбцу значение по умолчанию (это может быть NULL, если для столбца не определено некоторое выражение по умолчанию).

вложенный_SELECT

Подзапрос *SELECT*, выдающий столько выходных столбцов, сколько перечислено в предшествующем ему списке столбцов в скобках. При выполнении этого подзапроса должна быть получена максимум одна строка. Если он выдаёт одну строку, значения столбцов в нём присваиваются целевым столбцам; если же он не возвращает строку, целевым столбцам присваивается NULL. Этот подзапрос может обращаться к предыдущим значениям текущей изменяемой строки в таблице.

список_FROM

Список табличных выражений, позволяющий использовать в условии *WHERE* и выражениях присваивания столбцы из других таблиц. Этот список подобен тому, что задаётся в предложении «Предложение *FROM*» оператора *SELECT*. Заметьте, что целевую таблицу нужно добавлять в *список_FROM* только при формировании замкнутого соединения (в этом случае она должна фигурировать в *списке_FROM* под псевдонимом).

условие

Выражение, возвращающее значение типа *boolean*. Изменены будут только те строки, для которых это выражение возвращает *true*.

имя_курсора

Имя курсора, который будет использоваться в условии *WHERE CURRENT OF*. С таким условием будет изменена строка, выбранная из этого курсора последней. Курсор должен образовываться запросом, не применяющим группировку, к целевой таблице команды *UPDATE*. Заметьте, что *WHERE CURRENT OF* нельзя задать вместе с булевым условием. За дополнительными сведениями об использовании курсоров с *WHERE CURRENT OF* обратитесь к *DECLARE*.

выражение_результата

Выражение, которое будет вычисляться и возвращаться командой *UPDATE* после изменения каждой строки. В этом выражении можно использовать имена любых столбцов таблицы *имя_таблицы* или таблиц, перечисленных в списке *FROM*. Чтобы получить все столбцы, достаточно написать ***.

имя_результата

Имя, назначаемое возвращаемому столбцу.

Выводимая информация

В случае успешного завершения, *UPDATE* возвращает метку команды в виде

UPDATE число

Здесь *число* обозначает количество изменённых строк, включая те подлежащие изменению строки, значения в которых не были изменены. Заметьте, что это число может быть меньше количества строк, удовлетворяющих *условию*, когда изменения отменяются триггером *BEFORE UPDATE*. Если *число* равно 0, данный запрос не изменил ни одной строки (это не считается ошибкой).

Если команда *UPDATE* содержит предложение *RETURNING*, её результат будет похож на результат оператора *SELECT* (с теми же столбцами и значениями, что содержатся в списке *RETURNING*), полученный для строк, изменённых этой командой.

Замечания

Когда присутствует предложение `FROM`, целевая таблица по сути соединяется с таблицами, перечисленными в `списке_FROM`, и каждая выходная строка соединения представляет операцию изменения для целевой таблицы. Применяя предложение `FROM`, необходимо обеспечить, чтобы соединение выдавало максимум одну выходную строку для каждой строки, которую нужно изменить. Другими словами, целевая строка не должна соединяться с более чем одной строкой из других таблиц. Если это условие нарушается, только одна из строк соединения будет использоваться для изменения целевой строки, но какая именно, предсказать нельзя.

Из-за этой неопределённости надёжнее ссылаться на другие таблицы только в подзапросах, хотя такие запросы часто хуже читаются и работают медленнее, чем соединение.

В секционированной таблице строка при изменении может перестать удовлетворять ограничению содержащей её секции. При этом если есть другая секция в дереве секционирования, ограничению которой эта строка удовлетворяет, то она переносится в данную секцию. Если такой секции нет, происходит ошибка. За кулисами перемещение строки выполняется посредством операций `DELETE` и `INSERT`. Однако есть вероятность, что при параллельных операциях `UPDATE` и `DELETE`, затрагивающих одну и ту же строку, эта строка может потеряться. Подробнее об этом рассказывает в разделе Подраздел 5.10.2.3. В настоящее время строки не могут быть перемещены из секции, являющейся сторонней таблицей, в какую-то другую секцию, но могут перемещаться в стороннюю таблицу, если это поддерживает обёртка сторонних данных.

Примеры

Изменение слова `Drama` на `Dramatic` в столбце `kind` таблицы `films`:

```
UPDATE films SET kind = 'Dramatic' WHERE kind = 'Drama';
```

Изменение значений температуры и сброс уровня осадков к значению по умолчанию в одной строке таблицы `weather`:

```
UPDATE weather SET temp_lo = temp_lo+1, temp_hi = temp_lo+15, prcp = DEFAULT
WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03';
```

Выполнение той же операции с получением изменённых записей:

```
UPDATE weather SET temp_lo = temp_lo+1, temp_hi = temp_lo+15, prcp = DEFAULT
WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03'
RETURNING temp_lo, temp_hi, prcp;
```

Такое же изменение с применением альтернативного синтаксиса со списком столбцов:

```
UPDATE weather SET (temp_lo, temp_hi, prcp) = (temp_lo+1, temp_lo+15, DEFAULT)
WHERE city = 'San Francisco' AND date = '2003-07-03';
```

Увеличение счётчика продаж для менеджера, занимающегося компанией `Acme Corporation`, с применением предложения `FROM`:

```
UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 FROM accounts
WHERE accounts.name = 'Acme Corporation'
AND employees.id = accounts.sales_person;
```

Выполнение той же операции, с вложенным запросом в предложении `WHERE`:

```
UPDATE employees SET sales_count = sales_count + 1 WHERE id =
(SELECT sales_person FROM accounts WHERE name = 'Acme Corporation');
```

Изменение имени контакта в таблице счетов (это должно быть имя назначенного менеджера по продажам):

```
UPDATE accounts SET (contact_first_name, contact_last_name) =
(SELECT first_name, last_name FROM salesmen
```

```
WHERE salesmen.id = accounts.sales_id);
```

Подобный результат можно получить, применив соединение:

```
UPDATE accounts SET contact_first_name = first_name,  
                    contact_last_name = last_name  
FROM salesmen WHERE salesmen.id = accounts.sales_id;
```

Однако, если `salesmen.id` — не уникальный ключ, второй запрос может давать непредсказуемые результаты, тогда как первый запрос гарантированно выдаст ошибку, если найдётся несколько записей с одним `id`. Кроме того, если соответствующая запись `accounts.sales_id` не найдётся, первый запрос запишет в поля имени `NULL`, а второй вовсе не изменит строку.

Обновление статистики в сводной таблице в соответствии с текущими данными:

```
UPDATE summary s SET (sum_x, sum_y, avg_x, avg_y) =  
    (SELECT sum(x), sum(y), avg(x), avg(y) FROM data d  
     WHERE d.group_id = s.group_id);
```

Попытка добавить новый продукт вместе с количеством. Если такая запись уже существует, вместо этого увеличить количество данного продукта в существующей записи. Чтобы реализовать этот подход, не откатывая всю транзакцию, можно использовать точки сохранения:

```
BEGIN;  
-- другие операции  
SAVEPOINT sp1;  
INSERT INTO wines VALUES('Chateau Lafite 2003', '24');  
-- Предполагая, что здесь возникает ошибка из-за нарушения уникальности ключа,  
-- мы выполняем следующие команды:  
ROLLBACK TO sp1;  
UPDATE wines SET stock = stock + 24 WHERE winename = 'Chateau Lafite 2003';  
-- Продолжение других операций и в завершение...  
COMMIT;
```

Изменение столбца `kind` таблицы `films` в строке, на которой в данный момент находится курсор `c_films`:

```
UPDATE films SET kind = 'Dramatic' WHERE CURRENT OF c_films;
```

Совместимость

Эта команда соответствует стандарту SQL, за исключением предложений `FROM` и `RETURNING`, которые являются расширениями PostgreSQL, как и возможность применять `WITH` с `UPDATE`.

В некоторых других СУБД также поддерживается дополнительное предложение `FROM`, но предполагается, что целевая таблица должна ещё раз упоминаться в этом предложении. PostgreSQL воспринимает предложение `FROM` не так, поэтому будьте внимательны, портируя приложения, которые используют это расширение языка.

Согласно стандарту, исходным значением для вложенного списка имён столбцов в скобках может быть любое выражение, выдающее строку с нужным количеством столбцов. PostgreSQL принимает в качестве этого значения только конструктор строки или вложенный `SELECT`. Изменяемое значение отдельного столбца можно обозначать словом `DEFAULT` в конструкторе строки, но не внутри вложенного `SELECT`.

VACUUM

VACUUM — провести сборку мусора и, возможно, проанализировать базу данных

Синтаксис

```
VACUUM [ ( параметр [, ...] ) ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]  
VACUUM [ FULL ] [ FREEZE ] [ VERBOSE ] [ ANALYZE ] [ таблица_и_столбцы [, ...] ]
```

Здесь допускается *параметр*:

```
FULL  
FREEZE  
VERBOSE  
ANALYZE  
DISABLE_PAGE_SKIPPING
```

и *таблица_и_столбцы*:

```
имя_таблицы [ ( имя_столбца [, ...] ) ]
```

Описание

VACUUM высвобождает пространство, занимаемое «мёртвыми» кортежами. При обычных операциях PostgreSQL кортежи, удалённые или устаревшие в результате обновления, физически не удаляются из таблицы; они сохраняются в ней, пока не будет выполнена команда VACUUM. Таким образом, периодически необходимо выполнять VACUUM, особенно для часто изменяемых таблиц.

Без списка *таблица_и_столбцы* команда VACUUM обрабатывает все таблицы и материализованные представления в текущей базе данных, на очистку которых текущий пользователь имеет право. С этим списком VACUUM обрабатывает только указанную таблицу(ы).

VACUUM ANALYZE выполняет очистку (VACUUM), а затем анализ (ANALYZE) всех указанных таблиц. Это удобная комбинация для регулярного обслуживания БД. За дополнительной информацией об анализе обратитесь к описанию ANALYZE.

Простая команда VACUUM (без FULL) только высвобождает пространство и делает его доступным для повторного использования. Эта форма команды может работать параллельно с обычными операциями чтения и записи таблицы, так она не требует исключительной блокировки. Однако освобождённое место не возвращается операционной системе (в большинстве случаев); оно просто остаётся доступным для размещения данных этой же таблицы. VACUUM FULL переписывает всё содержимое таблицы в новый файл на диске, не содержащий ничего лишнего, что позволяет вернуть неиспользованное пространство операционной системе. Эта форма работает намного медленнее и запрашивает исключительную блокировку для каждой обрабатываемой таблицы.

Когда список параметров заключается в скобки, параметры могут быть записаны в любом порядке. Без скобок параметры должны указываться именно в том порядке, который показан выше. Синтаксис со скобками появился в PostgreSQL 9.0; вариант записи без скобок считается устаревшим.

Параметры

FULL

Выбирает режим «полной» очистки, который может освободить больше пространства, но выполняется гораздо дольше и запрашивает исключительную блокировку таблицы. Этот режим также требует дополнительное место на диске, так как он записывает новую копию таблицы и не освобождает старую до завершения операции. Обычно это следует использовать, только когда требуется высвободить значительный объём пространства, выделенного таблице.

FREEZE

Выбирает агрессивную «заморозку» кортежей. Добавление указания `FREEZE` равносильно выполнению команды `VACUUM` с параметрами `vacuum_freeze_min_age` и `vacuum_freeze_table_age`, равными нулю. Агрессивная заморозка всегда выполняется при перезаписи таблицы, поэтому в режиме `FULL` это указание избыточно.

VERBOSE

Выводит подробный отчёт об очистке для каждой таблицы.

ANALYZE

Обновляет статистику, которую использует планировщик для выбора наиболее эффективного способа выполнения запроса.

DISABLE_PAGE_SKIPPING

Обычно `VACUUM` пропускает страницы, учитывая карту видимости. Страницы, на которых, судя по карте, все кортежи заморожены, можно пропускать всегда, а страницы, в которых все кортежи видны всем транзакциям, могут обрабатываться только при агрессивной очистке. Более того, за исключением агрессивной очистки, некоторые страницы можно пропускать, чтобы не ждать, пока другие сеансы закончат их использовать. Этот параметр отключает пропуск страниц и предназначен для использования только когда целостность карты видимости вызывает подозрения, что возможно при аппаратных или программных сбоях, приводящих к разрушению БД.

имя_таблицы

Имя (возможно, дополненное схемой) определённой таблицы или материализованного представления, подлежащего очистке. Если указанная таблица является секционированной, очистке подвергаются все её конечные секции.

имя_столбца

Имя столбца, подлежащего анализу. По умолчанию анализируются все столбцы. Если указывается список столбцов, также должно присутствовать указание `ANALYZE`.

Выводимая информация

С указанием `VERBOSE` команда `VACUUM` выдаёт сообщения о процессе очистки, отмечая текущую обрабатываемую таблицу. Также она выводит различные статистические сведения о таблицах.

Замечания

Чтобы очистить таблицу, обычно нужно быть владельцем этой таблицы или суперпользователем. Однако владельцам баз данных также разрешено сжимать все таблицы в своих базах, за исключением общих каталогов. (Ограничение в отношении общих каталогов означает, что настоящую глобальную команду `VACUUM` может выполнить только суперпользователь.) `VACUUM` при обработке пропускает все таблицы, на очистку которых текущий пользователь не имеет прав.

`VACUUM` нельзя выполнять внутри блока транзакции.

Для таблиц с индексами GIN, `VACUUM` (в любой форме) также завершает все ожидающие операции добавления в индекс, перемещая записи индекса из очереди в соответствующие места в основной структуре индекса GIN. За подробностями обратитесь к Подразделу 66.4.1.

Мы рекомендуем очищать активные производственные базы данных достаточно часто (как минимум, каждую ночь), чтобы избавляться от «мёртвых» строк. После добавления или удаления большого числа строк может быть хорошей идеей выполнить команду `VACUUM ANALYZE` для каждой затронутой таблицы. При этом результаты всех последних изменений будут отражены в системных каталогах, что позволит планировщику запросов PostgreSQL принимать более эффективные решения при планировании.

Режим `FULL` не рекомендуется для обычного применения, но в некоторых случаях он бывает полезен. Например, когда были удалены или изменены почти все строки таблицы, может возникнуть желание физически сжать её, чтобы освободить место на диске и ускорить сканирование этой таблицы. Чаще всего `VACUUM FULL` сжимает таблицу более эффективно, чем обычный `VACUUM`.

`VACUUM` создаёт значительную нагрузку на подсистему ввода/вывода, что может отрицательно сказаться на производительности других активных сеансов. Поэтому иногда полезно использовать возможность задержки очистки с учётом её стоимости. За подробностями обратитесь к Подразделу 19.4.4.

PostgreSQL включает средство «автоочистки», которое позволяет автоматизировать регулярную очистку. Чтобы узнать больше об автоматической и ручной очистке, обратитесь к Разделу 24.1.

Примеры

Очистка одной таблицы `onek`, проведение её анализа для оптимизатора и печать подробного отчёта о действиях операции очистки:

```
VACUUM (VERBOSE, ANALYZE) onek;
```

Совместимость

Оператор `VACUUM` отсутствует в стандарте SQL.

См. также

`vacuumdb`, Подраздел 19.4.4, Подраздел 24.1.6

VALUES

VALUES — вычислить набор строк

Синтаксис

```
VALUES ( выражение [, ...] ) [, ...]  
[ ORDER BY выражение_сортировки [ ASC | DESC | USING оператор ] [, ...] ]  
[ LIMIT { число | ALL } ]  
[ OFFSET начало [ ROW | ROWS ] ]  
[ FETCH { FIRST | NEXT } [ число ] { ROW | ROWS } ONLY ]
```

Описание

VALUES вычисляет значение строки или множество значений строк, заданное выражениями. Чаще всего эта команда используется для формирования «таблицы констант» в большой команде, но её можно использовать и отдельно.

Когда указывается больше, чем одна строка, все строки должны иметь одинаковое количество элементов. Типы данных результирующих столбцов таблицы определяются в результате совмещения явных и неявных типов выражений, заданных для этих столбцов, по тем же правилам, что и в UNION (см. Раздел 10.5).

В составе других команд синтаксис допускает использование VALUES везде, где допускается SELECT. Так как грамматически она воспринимается как SELECT, с командой VALUES можно использовать предложения ORDER BY, LIMIT (или равнозначное FETCH FIRST) и OFFSET.

Параметры

выражение

Константа или выражение, которое вычисляется и вставляется в указанное место результирующей таблицы (множества строк). В списке VALUES, находящемся на верхнем уровне оператора INSERT, *выражение* может быть заменено словом DEFAULT, указывающим, что в целевой столбец должно быть вставлено значение этого столбца по умолчанию. Когда VALUES употребляется в других контекстах, указание DEFAULT использовать нельзя.

выражение_сортировки

Выражение или целочисленная константа, указывающая, как должны сортироваться строки результата. Это выражение может обращаться к столбцам результата VALUES по именам column1, column2 и т. д. За дополнительными подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение ORDER BY».

оператор

Оператор сортировки. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение ORDER BY».

число

Максимальное число строк, которое должно быть возвращено. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение LIMIT».

начало

Число строк, которые должны быть пропущены, прежде чем начнётся выдача строк. За подробностями обратитесь к Подразделу «Предложение LIMIT».

Замечания

Следует избегать составления списков VALUES с очень большим количеством строк, так как при этом можно столкнуться с нехваткой памяти или снижением производительности. Применение

VALUES в команде INSERT — особый случай (так как ожидаемые типы столбцов становятся известны из целевой таблицы команды INSERT и их не надо вычислять, сканируя весь список VALUES), так что в этом контексте можно работать с гораздо более объёмными списками, чем в других.

Примеры

Простейшая команда VALUES:

```
VALUES (1, 'one'), (2, 'two'), (3, 'three');
```

Эта команда выдаст таблицу из двух столбцов и трёх строк. По сути она равнозначна запросу:

```
SELECT 1 AS column1, 'one' AS column2
UNION ALL
SELECT 2, 'two'
UNION ALL
SELECT 3, 'three';
```

Более типично использование VALUES в составе большей команды SQL. Чаще всего она применяется в INSERT:

```
INSERT INTO films (code, title, did, date_prod, kind)
VALUES ('T_601', 'Yojimbo', 106, '1961-06-16', 'Drama');
```

В контексте INSERT список VALUES может содержать слово DEFAULT, указывающее, что в данном месте вместо некоторого значения должно использоваться значение столбца по умолчанию:

```
INSERT INTO films VALUES
('UA502', 'Bananas', 105, DEFAULT, 'Comedy', '82 minutes'),
('T_601', 'Yojimbo', 106, DEFAULT, 'Drama', DEFAULT);
```

VALUES также может применяться там, где можно написать вложенный SELECT, например в предложении FROM:

```
SELECT f.*
FROM films f, (VALUES('MGM', 'Horror'), ('UA', 'Sci-Fi')) AS t (studio, kind)
WHERE f.studio = t.studio AND f.kind = t.kind;
```

```
UPDATE employees SET salary = salary * v.increase
FROM (VALUES(1, 200000, 1.2), (2, 400000, 1.4)) AS v (depno, target, increase)
WHERE employees.depno = v.depno AND employees.sales >= v.target;
```

Заметьте, что когда VALUES используется в предложении FROM, предложение AS становится обязательным, так же, как и для SELECT. При этом не требуется указывать в AS имена всех столбцов, но это рекомендуется делать. (По умолчанию PostgreSQL даёт столбцам VALUES имена column1, column2 и т. д., но в других СУБД имена могут быть другими.)

Когда VALUES используется в команде INSERT, значения автоматически приводятся к типу данных соответствующего целевого столбца. Когда оно используется в других контекстах, может потребоваться указать нужный тип данных. Если все записи представлены строковыми константами в кавычках, достаточно привести к нужному типу значения в первой строке, чтобы задать тип для всех:

```
SELECT * FROM machines
WHERE ip_address IN (VALUES('192.168.0.1'::inet), ('192.168.0.10'), ('192.168.1.43'));
```

Подсказка

Для простых проверок на включение IN лучше полагаться на форму IN со списком скаляров, чем записывать запрос VALUES, как показано выше. Список скаляров проще записать и обрабатывается он зачастую более эффективно.

Совместимость

VALUES соответствует стандарту SQL. Указания LIMIT и OFFSET являются расширениями PostgreSQL; см. также SELECT.

См. также

INSERT, SELECT

Клиентские приложения PostgreSQL

Раздел описывает клиентские приложения и утилиты PostgreSQL. Некоторые из описанных приложений требуют особые привилегии. Основной отличительной особенностью этих приложений является возможность исполнения на любом компьютере, независимо от расположения сервера баз данных.

Имя пользователя и базы данных передаются из командной строки на сервер без изменения регистра — все пробельные и специальные символы необходимо экранировать с помощью кавычек. Имена таблиц и другие идентификаторы передаются регистр-независимо, за исключением отдельно описанных ситуаций, где может требоваться экранирование.

clusterdb

clusterdb — кластеризовать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

```
clusterdb [параметр-подключения...] [ --verbose | -v ] [ --table | -t таблица ] ... [имя_бд]
```

```
clusterdb [параметр-подключения...] [ --verbose | -v ] --all | -a
```

Описание

clusterdb это приложение для повторной кластеризации таблиц базы данных PostgreSQL. Утилита находит ранее кластеризованные таблицы и проводит операцию на основании последнего использованного индекса. Затрагиваются лишь ранее кластеризованные таблицы.

clusterdb — это обёртка для SQL-команды CLUSTER. Кластеризация баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

clusterdb принимает следующие аргументы командной строки:

-a
--all

Кластеризовать все базы данных.

[-d] *имя_бд*
[--dbname=] *имя_бд*

Указывает имя базы данных для кластеризации. Если оно не указано, и параметр -a (или --all) не используется, то имя базы берётся из переменной окружения PGDATABASE. Если переменная окружения не установлена, то берётся имя пользователя из параметров подключения в качестве имени целевой базы.

-e
--echo

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении clusterdb.

-q
--quiet

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

-t *таблица*
--table=*таблица*

Кластеризовать *таблицу*. Возможно множественное использование параметра -t.

-v
--verbose

Вывести подробную информацию во время процесса.

-V
--version

Вывести версию clusterdb и прервать дальнейшее выполнение.

-?
--help

Вывести справку по аргументам команды clusterdb.

clusterdb также принимает из командной строки параметры подключения:

-h сервер
--host=сервер

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

-p порт
--port=порт

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

-U имя_пользователя
--username=имя_пользователя

Имя пользователя, под которым производится подключение.

-w
--no-password

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

-W
--password

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как clusterdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, clusterdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

--maintenance-db=имя_бд

Указывает имя базы данных, в качестве опорной, для определения необходимости кластеризации других баз данных. По умолчанию используется `postgres`, а если она не существует, то используется `template1`.

Переменные окружения

PGDATABASE
PGHOST
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к CLUSTER и psql. Переменные окружения и параметры подключения по умолчанию libpq будут применены при запуске утилиты, это следует учитывать при диагностике.

Примеры

Для кластеризации базы данных `test`:

```
$ clusterdb test
```

Для кластеризации отдельной таблицы `foo` базы данных `xyzy`:

```
$ clusterdb --table=foo xyzy
```

См. также

CLUSTER

createdb

createdb — создать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

```
createdb [параметр-подключения...] [параметр...] [имя_бд [описание]]
```

Описание

createdb создаёт базу данных PostgreSQL.

Чаще всего пользователь, выполняющий эту команду, назначается владельцем создаваемой базы данных. Однако можно указать владельца явным образом с помощью флага -O, если у текущего пользователя достаточно привилегий.

createdb это обёртка для SQL-команды CREATE DATABASE. Создание баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

createdb принимает в качестве аргументов:

имя_бд

Указывает имя создаваемой базы. Имя должно быть уникальным в рамках кластера PostgreSQL. По умолчанию в качестве имени базы данных берётся имя текущего системного пользователя.

описание

Добавляет комментарий к создаваемой базе.

-D *табличное_пространство*

--tablespace=*табличное_пространство*

Указывает табличное пространство, используемое по умолчанию. Имя пространства обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

-e

--echo

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении createdb.

-E *кодировка*

--encoding=*кодировка*

Указывает кодировку базы данных. Поддерживаемые сервером PostgreSQL кодировки описаны в Подразделе 23.3.1.

-l *локаль*

--locale=*локаль*

Указывает локаль базы данных. Имеет эффект одновременно установленных флагов --lc-collate и --lc-ctype.

--lc-collate=*локаль*

Устанавливает параметр LC_COLLATE для базы данных.

--lc-ctype=*локаль*

Устанавливает параметр LC_CTYPE для базы данных.

-O *владелец*
--owner=*владелец*

Указывает пользователя в качестве владельца создаваемой базы. Имя пользователя обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

-T *шаблон*
--template=*шаблон*

Указывает шаблон, на основе которого будет создана база данных. Имя шаблона обрабатывается аналогично идентификаторам, заключённым в двойные кавычки.

-V
--version

Вывести версию createdb и прервать дальнейшее исполнение.

-?
--help

Вывести помощь по команде createdb и прервать выполнение.

Флаги -D, -l, -E, -O, и -T по назначению соответствуют флагам SQL-команды CREATE DATABASE.

createdb также принимает из командной строки параметры подключения:

-h *сервер*
--host=*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

-p *порт*
--port=*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

-U *имя_пользователя*
--username=*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

-w
--no-password

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл .pgpass, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

-W
--password

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как createdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, createdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести -W, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

--maintenance-db=*имя_бд*

Указывает имя опорной базы данных, к которой при создании новой будет произведено подключение. Если имя не указано, то будет использоваться postgres. Если же postgres не существует, то будет использоваться template1.

Переменные окружения

PGDATABASE

Если установлено и не переопределено в командной строке, задаёт имя создаваемой базы данных.

PGHOST

PGPORT

PGUSER

Параметры подключения по умолчанию. PGUSER указывает имя пользователя при создании базы данных, если не указано явно в командной строке или в переменной окружения PGDATABASE.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей обратитесь к CREATE DATABASE и psql. При диагностике нужно учитывать, что при запуске утилиты используются значения переменных окружения и параметров подключения по умолчанию libpq.

Примеры

Создать базу данных `demo` на сервере, используемом по умолчанию, можно так:

```
$ createdb demo
```

Создать базу `demo` на сервере `eden`, порт 5000, из шаблонной базы `template0` можно такой командой командной строки, за которой стоит следующая команда SQL:

```
$ createdb -p 5000 -h eden -T template0 -e demo
CREATE DATABASE demo TEMPLATE template0;
```

См. также

dropdb, CREATE DATABASE

createuser

createuser — создать новую учётную запись PostgreSQL

Синтаксис

```
createuser [параметр-подключения...] [параметр...] [имя_пользователя]
```

Описание

createuser создаёт нового пользователя PostgreSQL, а если точнее — роль. Лишь суперпользователь и пользователи с привилегией CREATEROLE могут создавать новые роли, таким образом, createuser должна запускаться от их лица.

Чтобы создать дополнительного суперпользователя, необходимо подключиться от имени существующего, одного лишь права CREATEROLE недостаточно. Поскольку суперпользователи могут обходить все ограничения доступа в базе данных, к назначению этих полномочий не следует относиться легкомысленно.

createuser — это обёртка для SQL-команды CREATE ROLE. Создание пользователей с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

createuser принимает следующие аргументы:

имя_пользователя

Задаёт имя создаваемого пользователя PostgreSQL. Это имя должно отличаться от имён всех существующих ролей в данной инсталляции PostgreSQL.

`-c номер`

`--connection-limit=номер`

Устанавливает максимальное допустимое количество соединений для создаваемого пользователя. По умолчанию ограничение в количестве соединений отсутствует.

`-d`

`--createdb`

Разрешает новому пользователю создавать базы данных.

`-D`

`--no-createdb`

Запрещает новому пользователю создавать базы данных. Это поведение по умолчанию.

`-e`

`--echo`

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении createuser.

`-E`

`--encrypted`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-g role`

`--role=role`

Указывает роль, к которой будет добавлена текущая роль в качестве члена группы. Допускается множественное использование флага `-g`.

`-i`
`--inherit`

Создаваемая роль автоматически унаследует права ролей, в которые она включается. Это поведение по умолчанию.

`-I`
`--no-inherit`

Роль не будет наследовать права ролей, в которые она включается.

`--interactive`

Запросить имя для создаваемого пользователя, а также значения для флагов `-d/-D`, `-r/-R`, `-s/-S`, если они явно не указаны в командной строке. До версии PostgreSQL 9.1 включительно это было поведением по умолчанию.

`-l`
`--login`

Новый пользователь сможет подключаться к серверу (то есть его имя может быть идентификатором начального пользователя сеанса). Это свойство по умолчанию.

`-L`
`--no-login`

Новый пользователь не сможет подключаться к серверу. (Роль без права входа на сервер тем не менее полезна для управления разрешениями в базе данных.)

`-P`
`--pwprompt`

Если флаг указан, то `createuser` запросит пароль для создаваемого пользователя. Если не планируется аутентификация по паролю, то пароль можно не устанавливать.

`-r`
`--createrole`

Разрешает новому пользователю создавать другие роли, что означает наделение привилегией `CREATEROLE`.

`-R`
`--no-createrole`

Запрещает пользователю создавать новые роли. Это поведение по умолчанию.

`-s`
`--superuser`

Создаваемая роль будет иметь права суперпользователя.

`-S`
`--no-superuser`

Новый пользователь не будет суперпользователем. Это поведение по умолчанию.

`-V`
`--version`

Вывести версию `createuser` и завершить выполнение.

`--replication`

Создаваемый пользователь будет наделён правом `REPLICATION`. Это рассмотрено подробнее в документации по `CREATE ROLE`.

`--no-replication`

Создаваемый пользователь не будет иметь привилегии `REPLICATION`. Это рассмотрено подробнее в документации по `CREATE ROLE`.

`—?`

`--help`

Вывести помощь по команде `createuser`.

`createuser` также принимает из командной строки параметры подключения:

`-h сервер`

`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p порт`

`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U имя_пользователя`

`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя для подключения (не имя создаваемого пользователя).

`-w`

`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`

`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `createuser` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `createuser` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-w`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Переменные окружения

`PGHOST`

`PGPORT`

`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к `CREATE ROLE` и `psql`. Переменные окружения и параметры подключения по умолчанию `libpq` будут применены при запуске утилиты, это следует учитывать при диагностике.

Примеры

Чтобы создать роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ createuser joe
```

Чтобы создать роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию, с запросом дополнительных параметров:

```
$ createuser --interactive joe
```

Назначить роль суперпользователем? (y/n) **n**

Разрешить новой роли создавать базы данных? (y/n) **n**

Разрешить новой роли создавать другие роли? (y/n) **n**

Чтобы создать того же пользователя `joe` с явно заданными атрибутами, подключившись к компьютеру `eden`, порту `5000`:

```
$ createuser -h eden -p 5000 -S -D -R -e joe
```

```
CREATE ROLE joe NOSUPERUSER NOCREATEDB NOCREATEROLE INHERIT LOGIN;
```

Чтобы создать роль `joe` с правами суперпользователя и предустановленным паролем:

```
$ createuser -P -s -e joe
```

Введите пароль для новой роли: **xyzzu**

Повторите его: **xyzzu**

```
CREATE ROLE joe PASSWORD 'md5b5f5ba1a423792b526f799ae4eb3d59e' SUPERUSER CREATEDB  
CREATEROLE INHERIT LOGIN;
```

В приведённом примере введённый пароль отображается лишь для отражения сути, на деле же он не выводится на экран. Как можно видеть, он шифруется прежде чем передаётся в команде клиенту.

См. также

`dropuser`, `CREATE ROLE`

dropdb

dropdb — удалить базу данных PostgreSQL

Синтаксис

```
dropdb [параметр-подключения...] [параметр...] имя_бд
```

Описание

dropdb удаляет ранее созданную базу данных PostgreSQL, и должна выполняться от имени супер-пользователя или её владельца.

dropdb это обёртка для SQL-команды DROP DATABASE. Удаление баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

dropdb принимает в качестве аргументов:

имя_бд

Указывает имя удаляемой базы данных.

-e

--echo

Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении dropdb.

-i

--interactive

Выводит вопрос о подтверждении перед удалением.

-V

--version

Выводит версию dropdb.

--if-exists

Не считать ошибкой, если база данных не существует. В этом случае будет выдано замечание.

-?

--help

Вывести справку по команде dropdb.

dropdb также принимает из командной строки параметры подключения:

-h сервер

--host=сервер

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

-p порт

--port=порт

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

```
-U имя_пользователя
--username=имя_пользователя
```

Имя пользователя, под которым производится подключение.

```
-w
--no-password
```

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

```
-W
--password
```

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `dropdb` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `dropdb` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-w`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

```
--maintenance-db=имя_бд
```

Указывает имя базы данных, к которой будет произведено подключение при удалении целевой. Если имя не указано, то будет использовано `postgres`. Если же `postgres` не существует, то будет использоваться `template1`.

Переменные окружения

```
PGHOST
PGPORT
PGUSER
```

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к `DROP DATABASE` и `psql`. При диагностике следует учесть, что при запуске утилиты также применяются переменные окружения и параметры подключения по умолчанию `libpq`.

Примеры

Для удаления базы данных `demo` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ dropdb demo
```

Для удаления базы данных `demo` на сервере `eden`, слушающим подключения на порту 5000, в интерактивном режиме и выводом запросов к серверу:

```
$ dropdb -p 5000 -h eden -i -e demo
База данных "demo" будет удалена навсегда.
Продолжить? (y/n) y
DROP DATABASE demo;
```

См. также

`createdb`, `DROP DATABASE`

dropuser

dropuser — удалить учётную запись пользователя PostgreSQL

Синтаксис

```
dropuser [параметр-подключения...] [параметр...] [имя_пользователя]
```

Описание

dropuser удаляет ранее созданного пользователя PostgreSQL. Лишь суперпользователь или пользователь с привилегией `CREATEROLE` могут удалять пользователей PostgreSQL. Необходимо быть суперпользователем, чтобы удалить учётную запись другого суперпользователя.

dropuser это обёртка для SQL-команды `DROP ROLE`. Удаление пользователей с её помощью по сути не отличается от выполнения того же действия при обращении к серверу другими способами.

Параметры

dropuser принимает в качестве аргументов:

имя_пользователя

Указывает имя удаляемой роли PostgreSQL. Если передан флаг `-i/--interactive`, а имя не указано в параметрах команды, его необходимо будет ввести интерактивно.

- `-e`
`--echo`
Вывести команды к серверу, генерируемые при выполнении dropuser.
- `-i`
`--interactive`
Вывести подтверждение об удалении роли, и запросить её имя, если оно не указано в параметрах команды.
- `-V`
`--version`
Вывести версию dropuser.
- `--if-exists`
Перехватить ошибку, если пользователь не существует. В этом случае, вместо ошибки, будет выведено информационное сообщение.
- `-?`
`--help`
Вывести справку по команде dropuser.

dropuser также принимает из командной строки параметры подключения:

- `-h сервер`
`--host=сервер`
Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.
- `-p порт`
`--port=порт`
Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

```
-U имя_пользователя
--username=имя_пользователя
```

Имя пользователя, под которым производится текущее подключение к базе.

```
-w
--no-password
```

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

```
-W
--password
```

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `dropuser` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `dropuser` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Переменные окружения

```
PGHOST
PGPORT
PGUSER
```

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к `DROP ROLE` и `psql`. При диагностике следует учесть, что при запуске утилиты также применяются переменные окружения и параметры подключения по умолчанию `libpq`.

Примеры

Чтобы удалить роль `joe` на сервере, используемом по умолчанию:

```
$ dropuser joe
```

Чтобы удалить роль `joe` на сервере `eden`, слушающем подключения на порту 5000, в интерактивном режиме и с выводом выполняемых команд:

```
$ dropuser -p 5000 -h eden -i -e joe
Роль "joe" будет удалена навсегда.
Продолжить? (y/n) y
DROP ROLE joe;
```

См. также

`createuser`, `DROP ROLE`

есрг

есрг — встроенный C-препроцессор SQL

Синтаксис

есрг [*параметр...*] *файл...*

Описание

есрг это встроенный SQL препроцессор для программ, написанных на языке C. Он преобразует программы на C, содержащие SQL-выражения, заменяя их вызовами встроенных функций. Получаемые на выходе файлы можно затем скомпилировать и скомпоновать.

есрг преобразует каждый файл, переданный в параметрах, в соответствующий файл на C. Входным файлам лучше давать расширения .pgc. Это расширение будет автоматически заменяться на .c. Имя выходного файла также можно задать в параметре -o.

Данный раздел не содержит описания встроенного SQL-языка. Для более подробной информации см. Главу 36.

Параметры

есрг принимает в качестве аргументов:

- c
Автоматически генерировать код, написанный на языке C, из кода SQL. Сейчас это справедливо для EXEC SQL TYPE.
- C *режим*
Установить режим совместимости; *режим* может принимать значения: INFORMIX, INFORMIX_SE и ORACLE.
- D *символ*
Определить символ начала команд C-препроцессора.
- i
Также разбирать и системные включения.
- I *каталог*
Указать дополнительный путь включаемых файлов, используемый при выполнении EXEC SQL INCLUDE. По умолчанию используются . (текущий каталог), /usr/local/include, каталог, задаваемый при компиляции PostgreSQL (обычно — /usr/local/pgsql/include), и /usr/include, в порядке, как это перечислено.
- o *имя_файла*
Указывает есрг *имя файла*, в который будет осуществлен вывод.
- r *параметр*
Определяет поведение времени исполнения. *Флаг* может принимать следующие значения:
no_indicator
Использовать специальные символы для представления значений null. Исторически некоторые базы данных используют такой подход.

prepare

Сформировать подготовленные выражения. `libesrg` сформирует кеш подготовленных выражений и будет использовать их при необходимости повторно. В случае переполнения кеша, `libesrg` освободит память за счёт вытеснения наименее используемых выражений.

questionmarks

Разрешает использовать знак вопроса в качестве аргумента подстановки в целях совместимости. Ранее это было поведением по умолчанию.

-t

Включить автоматическую фиксацию транзакций. В этом режиме каждая SQL-команда будет автоматически фиксироваться, пока не будет явно включена в блок транзакции. В режиме по умолчанию команды фиксируются лишь при явном вызове `EXEC SQL COMMIT`.

-v

Вывести информацию о версии, а также путях поиска включаемых файлов.

--version

Вывести версию `есрг`.

-?**--help**

Вывести справку по команде `есрг`.

Замечания

При компиляции полученных файлов, компилятор должен иметь возможность найти заголовочные файлы ECPG в каталоге включений PostgreSQL. Для этого можно использовать флаг `-I` во время компиляции, например, `-I/usr/local/pgsql/include`.

Программы на C со встроенным SQL необходимо скомпоновать с библиотекой `libesrg`, например, используя флаг компоновщика `-L/usr/local/pgsql/lib -lesrg`.

Имена каталогов, подходящих для установки, можно найти в разделе `pg_config`.

Примеры

Если имеется исходный файл на C `prog1.pgc` со встроенным SQL, можно создать исполняемую программу, используя следующую последовательность команд:

```
есрг prog1.pgc
cc -I/usr/local/pgsql/include -c prog1.c
cc -o prog1 prog1.o -L/usr/local/pgsql/lib -lesrg
```

pg_basebackup

pg_basebackup — создать резервную копию кластера PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_basebackup [параметр...]
```

Описание

pg_basebackup предназначен для создания резервных копий работающего кластера баз данных PostgreSQL. Процедура создания копии не влияет на работу других клиентов. Полученные копии могут использоваться для обеих стратегий восстановления — на заданный момент в прошлом (см. Раздел 25.3) и в качестве отправной точки для ведомого сервера при реализации трансляции файлов или потоковой репликации (см. Раздел 26.2).

pg_basebackup создаёт бинарную копию файлов кластера, контролируя режим создания копии автоматически. Резервные копии всегда создаются для кластера целиком и невозможно создать копию для какой-либо сущности базы отдельно. Для этой цели можно использовать, например, утилиту pg_dump.

Копия создаётся через обычное подключение к PostgreSQL, и при этом используется протокол репликации. Подключение должно осуществляться от лица суперпользователя или пользователя с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2), а в `pg_hba.conf` должно быть прописано подключение для репликации. Значение `max_wal_senders` на сервере должно быть достаточно большим, чтобы допускать минимум ещё одно подключение для копирования и одно для трансляции WAL (если она используется).

Можно запустить одновременно несколько команд `pg_basebackup`, но с точки зрения производительности лучше делать всего одну копию одновременно, а затем копировать получаемый результат.

С помощью `pg_basebackup` можно получить базовую копию не только на ведущем, но и на ведомом сервере. Для этого на ведомом сервере необходимо разрешить подключения репликации (параметры `max_wal_senders` и `hot_standby`, а также настроить аутентификацию компьютера). При этом на ведущем необходимо включить `full_page_writes`.

Заметьте, что при копировании с ведомого сервера есть некоторые ограничения:

- Файл истории резервного копирования в целевом кластере баз данных не создаётся.
- При использовании ключа `-X none` нет гарантии, что все файлы WAL, требуемые для резервной копии, будут заархивированы в конце копирования.
- Если ведомый сервер переключается в роль ведущего в процессе копирования, копирование прерывается.
- Все необходимые для резервной копии WAL-записи должны содержать полные страницы, для чего нужно включить режим `full_page_writes` на ведущем и не использовать в `archive_command` такие утилиты, как `pg_compresslog`, которые могут удалить записанные полные страницы из WAL.

Параметры

Описанные далее аргументы командной строки влияют на размещение и формат вывода.

```
-D каталог  
--pgdata=каталог
```

Целевой каталог для записи данных. `pg_basebackup` создаст его и родительские, если необходимо. Каталог может быть создан заранее, но должен быть пустым, иначе возникнет ошибка.

Если резервирование работает в режиме `tar`, а имя каталога имеет значение `-` (тире), то `tar`-файл будет писаться в `stdout`.

Этот флаг является обязательным.

`-F формат`

`--format=формат`

Устанавливает формат вывода. *формат* может принимать следующие значения:

`p`

`plain`

Записывает выводимые данные в обычные файлы, сохраняя текущую схему размещения каталогов данных и табличных пространств. Если кластер не имеет дополнительных табличных пространств, то вся база будет помещена в заданный каталог. Иначе основной каталог хранения данных будет помещён в целевой каталог, а все остальные табличные пространства — в те же абсолютные пути, в которых они находятся на сервере.

Это формат по умолчанию.

`t`

`tar`

Записывает в целевой каталог файлы в формате `tar`. Основной каталог хранения данных будет писаться в файл `base.tar`, а табличные пространства — в файлы, именованные в соответствии с их `OID`.

Если имя целевого каталога задано как `-` (тире), то данные будут писаться в стандартный вывод, что позволяет, например, использовать `gzip`. Это возможно лишь когда не применяются дополнительные табличные пространства и не используется трансляция `WAL`.

`-r скорость_передачи`

`--max-rate=скорость_передачи`

Максимальная скорость передачи данных с сервера. Значение задаётся в Кб/с. Для установки значения в мегабайтах, можно использовать суффикс `m`. Также допустим суффикс `k`, но он не принципиален. Допустимые значения лежат в рамках между 32 Кб/с и 1024 Мб/с.

Служит для снижения влияния на производительность сервера со стороны работающего `pg_basebackup`.

Параметр всегда влияет на передачу данных каталога хранения. На передачу данных файлов `WAL` влияние оказывается лишь при методе сбора `fetch`.

`-R`

`--write-recovery-conf`

Записать минимальный файл `recovery.conf` в каталог вывода (или базовый архивный файл при использовании формата `tar`) для упрощения настройки ведомого сервера. В файл `recovery.conf` будут записаны параметры соединения и, если указан, слот репликации, который использует `pg_basebackup`, так что впоследствии при потоковой репликации будут использоваться те же параметры.

`-T старый_каталог=новый_каталог`

`--tablespace-mapping=старый_каталог=новый_каталог`

Переместить табличное пространство из *старого_каталога* в *новый_каталог* в процессе копирования. Чтобы перемещение произошло, в параметре *старый_каталог* должен задаваться в точности путь табличного пространства, как он определён. (Но не будет ошибкой, если табличного пространства, на которое указывает *старый_каталог*, в архиве не окажется.) И *старый_каталог*, и *новый_каталог* должны задаваться абсолютными путями. Если в пути встречается символ `=`,

его необходимо экранировать обратной косой чертой. Этот параметр можно добавить несколько раз для нескольких табличных пространств. См. примеры ниже.

Если табличное пространство перемещается таким способом, символьные ссылки внутри основного каталога хранения данных также приводятся в соответствие с новым местоположением. Таким образом, для экземпляра сервера подготавливается новый каталог данных, в котором все табличные пространства оказываются в новом расположении.

`--waldir=каталог_wal`

Указывает размещение каталога хранения журнала предзаписи. Задаваемый в параметре `каталог_wal` путь должен быть абсолютным. Каталог с журналом предзаписи можно задать только при создании копии в простом режиме.

`-X метод`

`--wal-method=метод`

Включает все необходимые файлы журналов предзаписи (файлы WAL) в резервную копию. В том числе включаются все журналы предзаписи, сгенерированные в процессе создания резервной копии. Если только не выбран метод `none`, главный процесс БД может быть запущен непосредственно с восстановленным каталогом, без обращения к дополнительному архиву журналов; таким образом будет получена полностью самодостаточная резервная копия.

Для сбора журналов предзаписи поддерживаются следующие методы:

`n`

`none`

Не включать журнал предзаписи в резервную копию.

`f`

`fetch`

Файлы журнала предзаписи собираются в конце процесса копирования. Таким образом необходимо установить достаточно большое значение параметра `wal_keep_segments`, чтобы избежать преждевременного удаления файлов журнала. В случае удаления файлов до завершения процесса копирования возникнет ошибка, а копия будет непригодной к использованию.

Файлы журнала предзаписи будут записаны в файл `base.tar`.

`s`

`stream`

Передавать журнал предзаписи в процессе создания резервной копии. При этом открывается второе соединение к серверу, по которому будет передаваться журнал предзаписи, одновременно с созданием резервной копии. Таким образом будут использоваться два подключения из разрешённых параметром `max_wal_senders`. И если клиент будет успевать получать журнал предзаписи, ведущему серверу не потребуется хранить дополнительные файлы журнала.

Файлы журнала предзаписи сохраняются в отдельном файле с именем `pg_wal.tar` (с сервером старше 10 версии файл будет называться `pg_xlog.tar`).

Это значение по умолчанию.

`-z`

`--gzip`

Включает gzip-сжатие выводимого tar-файла с уровнем компрессии по умолчанию. Сжатие поддерживается только для формата tar, при этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

`-Z уровень`

`--compress=уровень`

Включает gzip-сжатие выводимого tar-файла и задаёт уровень сжатия от 0 (без сжатия) до 9 (максимальное сжатие). Сжатие поддерживается только для формата tar, при этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

Описанные далее аргументы командной строки влияют на генерацию резервной копии и ход выполнения приложения.

`-c fast/spread`

`--checkpoint=fast/spread`

Устанавливает режим контрольных точек: `fast` (быстрый) или `spread` (протяжённый, по умолчанию). Подробнее см. Подраздел 25.3.3.

`-C`

`--create-slot`

С данным параметром до начала копирования будет создан слот репликации с именем, заданным в `--slot`. Если такой слот уже существует, выдаётся ошибка.

`-l метка`

`--label=метка`

Устанавливает метку для созданной резервной копии. Если не указана, то по умолчанию будет использовано значение «`pg_basebackup base backup`».

`-n`

`--no-clean`

По умолчанию, когда программа `pg_basebackup` прерывается с ошибкой, она удаляет все каталоги, которые она могла создать, прежде чем обнаружила, что не может завершить задание (например, каталог данных и каталог журнала предзаписи). Данный ключ отключает эту очистку и тем самым полезен для отладки.

Заметьте, что каталоги табличных пространств не очищаются в любом случае.

`-N`

`--no-sync`

По умолчанию `pg_basebackup` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_basebackup` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы резервная копия может оказаться испорченной. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`-P`

`--progress`

Включает отчёт о прогрессе. Если этот режим включён, то во время создания копии будет передаваться примерный процент выполнения. Так как данные в базе могут меняться во время копирования, это значение будет лишь приближённым и может достигать не точно 100%. В частности, когда в копию включается журнал WAL, конечный размер невозможно предсказать заранее, и в этом случае ожидаемый конечный размер будет увеличиваться, превысив ориентировочный полный размер без WAL.

Если режим включён, то процесс копирования начнется с перечисления размеров всей базы, а затем продолжится отправкой непосредственно данных. Это может немного увеличить время операции, в частности, пройдет больше времени до начала передачи данных.

`-S имя_слота`

`--slot=имя_слота`

Этот параметр может применяться только вместе с `-X stream`. Он устанавливает использование заданного слота репликации при потоковой передаче WAL. Если базовая копия предназначена

для использования на ведомом сервере с потоковой репликацией, затем должен использоваться слот с тем же именем в `recovery.conf`. Тем самым гарантируется, что сервер не удалит никакие необходимые данные WAL после того, как базовая копия будет получена, и до того, как начнётся потоковая репликация.

В случае отсутствия ключа `-c` требуется, чтобы указанный слот репликации уже существовал.

Если этот ключ не указан и сервер поддерживает временные слоты репликации (они появились в версии 10), для трансляции WAL автоматически используется временный слот репликации.

`-v`
`--verbose`
Включает режим подробного вывода. Будет выводиться некоторая дополнительная информация при начале и завершении, а также имена обрабатываемых файлов, если включён отчёт о прогрессе.

`--no-slot`
Этот ключ предотвращает создание временного слота репликации во время резервного копирования, даже если это поддерживается сервером.

Временные слоты репликации создаются по умолчанию, если при трансляции журнала имя слота не задаётся в параметре `-s`.

Основное предназначение этого ключа в том, чтобы можно было сделать базовую резервную копию, когда на сервере не хватает свободных слотов репликации. Использование слотов репликации почти всегда предпочтительнее, так как при этом предотвращается удаление во время резервного копирования необходимых файлов WAL с сервера.

`--no-verify-checksums`
Отключает проверку контрольных сумм, если они включены на сервере, с которого делается резервная копия.
По умолчанию контрольные суммы проверяются и при выявлении их несоответствия выдаётся ненулевой код завершения. Однако базовая резервная копия не удаляется в этом случае, как и с ключом `--no-clean`.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d строка_подключения`
`--dbname=строка_подключения`
Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения. См. Подраздел 34.1.1 для более подробной информации.

Параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как `pg_basebackup` не подключается к какой-либо конкретной базе, это имя в строке подключения игнорируется.

`-h сервер`
`--host=сервер`
Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p порт`
`--port=порт`
Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

```
-s interval
--status-interval=interval
```

Указывает интервал в секундах между отправкой пакетов статуса, отправляемых на сервер. Это позволяет упростить мониторинг прогресса. Чтобы выключить периодическое обновление статуса, необходимо установить значение в ноль. При этом обновление будет отправляться по запросу сервера для избежания отсоединения по истечению времени. Значение по умолчанию составляет 10 секунд.

```
-U имя_пользователя
--username=имя_пользователя
```

Имя пользователя, под которым производится подключение.

```
-w
--no-password
```

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

```
-W
--password
```

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `pg_basebackup` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `pg_basebackup` лишней раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Другие флаги:

```
-V
--version
```

Вывести версию `pg_basebackup`.

```
-?
--help
```

Вывести справку по команде `pg_basebackup`.

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Замечания

Прежде чем начнётся копирование, на сервере с копируемой базой необходимо выполнить контрольную точку. И если копирование запускается без ключа `--checkpoint=fast`, это может занять некоторое время, в течение которого `pg_basebackup` не будет проявлять никакой активности.

Резервная копия будет включать в себя все файлы каталога хранения данных и табличных пространств, а также конфигурационные файлы и прочие файлы, размещённые в каталоге данных, за исключением определённых временных файлов, принадлежащих PostgreSQL. Однако копируются лишь простые файлы и каталоги, кроме них, сохраняются только символические ссылки на табличные пространства. Символические ссылки, указывающие на определённые каталоги, известные PostgreSQL, копируются как пустые каталоги. Другие символические ссылки и файлы устройств игнорируются. За дополнительными подробностями обратитесь к Разделу 53.4.

Если не указан параметр `--tablespace-mapping`, табличные пространства в простом формате будут копироваться в тот же путь, который они имеют на сервере. Поэтому при наличии табличных пространств создать базовую копию в простом формате на том же сервере не удастся, так как копия будет направлена в те же каталоги, где располагаются исходные табличные пространства.

Когда применяется режим формата `tar`, пользователь должен позаботиться о том, чтобы все архивы `tar` были распакованы до запуска сервера PostgreSQL. Если имеются дополнительные табличные пространства, архивы `tar` для них должны быть распакованы в правильные каталоги. В таком случае для этих табличных пространств сервером будут созданы символические ссылки, согласно содержимому файла `tablespace_map`, включённого в архив `base.tar`.

`pg_basebackup` совместим с серверами той же или более младших версий, но не ниже 9.1. Однако режим трансляции WAL (`-X stream`) поддерживается с версиями сервера не ниже 9.3, а режим формата `tar` (`--format=tar`) текущей версии совместим только с версиями сервера не ниже 9.5.

`pg_basebackup` сохранит разрешения для группы в форматах `plain` и `tar`, если разрешения для группы установлены в исходном кластере.

Примеры

Создание резервной копии сервера `mydbserver` и сохранение её в локальном каталоге `/usr/local/pgsql/data`:

```
$ pg_basebackup -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/data
```

Создание резервной копии локального сервера в отдельных сжатых файлах `tar` для каждого табличного пространства и сохранение их в каталоге `backup` с индикатором прогресса в процессе выполнения:

```
$ pg_basebackup -D backup -Ft -z -P
```

Создание резервной копии локальной базы данных с одним табличным пространством и сжатие её с помощью `bzip2`:

```
$ pg_basebackup -D - -Ft -X fetch | bzip2 > backup.tar.bz2
```

(Эта команда прервётся с ошибкой, если в базе данных будет несколько табличных пространств.)

Создание резервной копии локальной базы данных с перемещением табличного пространства `/opt/ts` в `./backup/ts`:

```
$ pg_basebackup -D backup/data -T /opt/ts=$(pwd)/backup/ts
```

См. также

`pg_dump`

pgbench

pgbench — запустить тест производительности PostgreSQL

Синтаксис

```
pgbench -i [параметр...] [имя_бд]
```

```
pgbench [параметр...] [имя_бд]
```

Описание

pgbench — это простая программа для запуска тестов производительности PostgreSQL. Она многократно выполняет одну последовательность команд, возможно в параллельных сеансах базы данных, а затем вычисляет среднюю скорость транзакций (число транзакций в секунду). По умолчанию pgbench тестирует сценарий, примерно соответствующий TPC-B, который состоит из пяти команд SELECT, UPDATE и INSERT в одной транзакции. Однако вы можете легко протестировать и другие сценарии, написав собственные скрипты транзакций.

Типичный вывод pgbench выглядит так:

```
transaction type: <builtin: TPC-B (sort of)>
scaling factor: 10
query mode: simple
number of clients: 10
number of threads: 1
number of transactions per client: 1000
number of transactions actually processed: 10000/10000
tps = 85.184871 (including connections establishing)
tps = 85.296346 (excluding connections establishing)
```

В первых шести строках выводятся значения некоторых самых важных параметров. В следующей строке показывается количество выполненных и запланированных транзакций (это будет произведение числа клиентов и числа транзакций для одного клиента); эти количества будут равны, если только выполнение не завершится досрочно. (В режиме -t выводится только число фактически выполненных транзакций.) В последних двух строках показывается число транзакций в секунду, подсчитанное с учётом и без учёта времени установления подключения к серверу.

Для запускаемого по умолчанию теста типа TPC-B требуется предварительно подготовить определённые таблицы. Чтобы создать и наполнить эти таблицы, следует запустить pgbench с ключом -i (инициализировать). (Если вы применяете нестандартный скрипт, это не требуется, но тем не менее нужно подготовить конфигурацию, нужную вашему тесту.) Запуск инициализации выглядит так:

```
pgbench -i [ другие-параметры ] имя_базы
```

где *имя_базы* — имя уже существующей базы, в которой будет проводиться тест. (Чтобы указать, как подключиться к серверу баз данных, вы также можете добавить параметры -h, -p и/или -U.)

Внимание

pgbench -i создаёт четыре таблицы pgbench_accounts, pgbench_branches, pgbench_history и pgbench_tellers, предварительно уничтожая существующие таблицы с этими именами. Если вы вдруг используете эти имена в своей базе данных, обязательно переключитесь на другую базу!

С «коэффициентом масштаба», по умолчанию равным 1, эти таблицы изначально содержат такое количество строк:

table	# of rows
-----	-----
pgbench_branches	1
pgbench_tellers	10
pgbench_accounts	100000
pgbench_history	0

Эти числа можно (и в большинстве случаев даже нужно) увеличить, воспользовавшись параметром `-s` (коэффициент масштаба). При этом также может быть полезен ключ `-F` (фактор заполнения).

Подготовив требуемую конфигурацию, можно запустить тест производительности командой без `-i`, то есть:

```
pgbench [ параметры ] имя_базы
```

Практически во всех случаях, чтобы получить полезные результаты, необходимо передать какие-либо дополнительные параметры. Наиболее важные параметры: `-c` (число клиентов), `-t` (число транзакций), `-T` (длительность) и `-f` (файл со скриптом). Полный список параметров приведён ниже.

Параметры

Следующий список разделён на три подраздела: одни параметры используются при инициализации базы данных, другие при проведении тестирования, а третьи в обоих случаях.

Параметры инициализации

pgbench принимает следующие аргументы командной строки для инициализации:

```
-i  
--initialize
```

Требуется для вызова режима инициализации.

```
-I этапы_инициализации  
--init-steps=этапы_инициализации
```

Выполнять только выбранные из всех обычных подготовительных этапов. В параметре *этапы_инициализации* отдельные символы для каждого этапа выбирают, какие этапы должны выполняться. Все этапы выполняются в определённом порядке. Список этапов по умолчанию: `dtgvp`. Полный перечень подготовительных этапов:

d (Drop, удалить)

Удалить все существующие таблицы pgbench.

t (create Tables, создать таблицы)

Создать таблицы, используемые стандартным сценарием pgbench, а именно: `pgbench_accounts`, `pgbench_branches`, `pgbench_history` и `pgbench_tellers`.

g (Generate data, сгенерировать данные)

Сгенерировать данные и загрузить их в стандартные таблицы, заменив все уже существующие данные.

v (Vacuum, очистка)

Вызывать `VACUUM` для стандартных таблиц.

p (create Primary keys, создать первичные ключи)

Создать первичные ключи в стандартных таблицах.

f (create Foreign keys, создать внешние ключи)

Создать ограничения внешних ключей между стандартными таблицами. (Заметьте, что это действие по умолчанию не выполняется.)

-F *фактор_заполнения*

--fillfactor=*фактор_заполнения*

Создать таблицы `pgbench_accounts`, `pgbench_tellers` и `pgbench_branches` с заданным фактором заполнения. Значение по умолчанию — 100.

-n

--no-vacuum

Не выполнять очистку во время инициализации. (Этот параметр выключает этап инициализации `v`, даже если он был указан в `-I`.)

-q

--quiet

Переключить вывод в немногословный режим, когда выводится только одно сообщение о прогрессе в 5 секунд. В режиме по умолчанию одно сообщение выводится на каждые 100000 строк, при этом за секунду обычно выводится довольно много строк (особенно на хорошем оборудовании).

-s *коэффициент_масштаба*

--scale=*коэффициент_масштаба*

Умножить число генерируемых строк на заданный коэффициент. Например, с ключом `-s 100` в таблицу `pgbench_accounts` будут записаны 10 000 000 строк. Значение по умолчанию — 1. При коэффициенте, равном 20 000 или больше, столбцы, содержащие идентификаторы счетов (столбцы `aid`), перейдут к большим целым числам (типу `bigint`), чтобы в них могли уместиться все возможные значения идентификаторов.

--foreign-keys

Создать ограничения внешних ключей между стандартными таблицами. (Этот ключ добавляет этап `f` к последовательности подготовительных этапов, если он отсутствует.)

--index-tablespace=*табл_пространство_индексов*

Создать индексы в указанном табличном пространстве, а не в пространстве по умолчанию.

--tablespace=*табличное_пространство*

Создать таблицы в указанном табличном пространстве, а не в пространстве по умолчанию.

--unlogged-tables

Создать все таблицы как нежурналируемые, а не как постоянные таблицы.

Параметры тестирования производительности

`pgbench` принимает следующие аргументы командной строки для тестирования производительности:

-b *имя_скрипта* [*@вес*]

--builtin=*имя_скрипта* [*@вес*]

Добавляет указанный встроенный скрипт в список выполняемых скриптов. Необязательный целочисленный вес, задаваемый после `@`, позволяет изменить вероятность выбора скрипта. Если он не указан, подразумевается значение 1. В число встроенных скриптов входят `tpcb-like`,

simple-update и select-only. Также принимаются однозначные начала их имён. Со специальным именем list программа выводит список встроенных скриптов и немедленно завершается.

-с *клиенты*

--client=*клиенты*

Число имитируемых клиентов, то есть число одновременных сеансов базы данных. Значение по умолчанию — 1.

-C

--connect

Устанавливать новое подключение для каждой транзакции вместо одного для каждого клиента. Это полезно для оценивания издержек подключений.

-d

--debug

Выводить отладочные сообщения.

-D *имя_переменной=значение*

--define=*имя_переменной=значение*

Определить переменную для пользовательского скрипта (см. ниже). Параметр -D может добавляться неоднократно.

-f *имя_файла* [*@вес*]

--file=*имя_файла* [*@вес*]

Добавить в список выполняемых скриптов скрипт транзакции из файла *имя_файла*. Изменить вероятность выбора этого скрипта позволяет необязательный целочисленный вес, задаваемый после @. Подробности описаны ниже.

-j *потoki*

--jobs=*потoki*

Число рабочих потоков в pgbench. Использовать нескольких потоков может быть полезно на многопроцессорных компьютерах. Клиенты распределяются по доступным потокам равномерно, насколько это возможно. Значение по умолчанию — 1.

-l

--log

Записать информацию о каждой транзакции в файл протокола. Подробности описаны ниже.

-L *предел*

--latency-limit=*предел*

Транзакции, продолжающиеся дольше указанного *предела* (в миллисекундах), подсчитываются и отмечаются отдельно, как *опаздывающие*.

В режиме ограничения скорости (--rate=...) транзакции, которые отстают от графика более чем на заданный *предел* (в мс) и поэтому никак не могут уложиться в отведённый интервал, не передаются серверу вовсе. Они подсчитываются и отмечаются отдельно как *пропущенные*.

-M *режим_запросов*

--protocol=*режим_запросов*

Протокол, выбираемый для передачи запросов на сервер:

- simple: использовать протокол простых запросов.
- extended: использовать протокол расширенных запросов.
- prepared: использовать протокол расширенных запросов с подготовленными операторами.

По умолчанию выбирается протокол простых запросов. (За подробностями обратитесь к Главе 53.)

-n
--no-vacuum

Не производить очистку таблиц перед запуском теста. Этот параметр *необходим*, если вы применяете собственный сценарий, не затрагивающий стандартные таблицы `pgbench_accounts`, `pgbench_branches`, `pgbench_history` и `pgbench_tellers`.

-N
--skip-some-updates

Запустить встроенный упрощённый скрипт `simple-update`. Краткий вариант записи `-b simple-update`.

-P *сек*
--progress=*сек*

Выводить отчёт о прогрессе через заданное число секунд (*сек*). Выдаваемый отчёт включает время, прошедшее с момента запуска, скорость (в TPS) с момента предыдущего отчёта, а также среднее время ожидания транзакций и стандартное отклонение. В режиме ограничения скорости (`-R`) время ожидания вычисляется относительно назначенного времени запуска транзакции, а не фактического времени её начала, так что оно включает и среднее время отставания от графика.

-r
--report-latencies

Выводить по завершении тестирования средняя время ожидания операторов (время выполнения с точки зрения клиента) для каждой команды. Подробности описаны ниже.

-R *скорость передачи*
--rate=*скорость передачи*

Выполнять транзакции, ориентируясь на заданную скорость, а не максимально быстро (по умолчанию). Скорость задаётся в транзакциях в секунду. Если заданная скорость превышает максимально возможную, это ограничение скорости не повлияет на результаты.

Для получения нужной скорости транзакции запускаются со случайными задержками, имеющими распределение Пуассона. При этом запланированное время запуска отсчитывается от начального времени, а не от завершения предыдущей транзакции. Это означает, что если какие-то транзакции отстанут от изначально рассчитанного времени завершения, всё же возможно, что последующие нагонят график.

В режиме ограничения скорости время ожидания транзакций, выводимое по итогам тестирования, вычисляется, исходя из запланированного времени запуска, так что в него входит время, которое очередная транзакция должна была ждать завершения предыдущей транзакции. Это время называется временем отклонения от графика, и его среднее и максимальное значения выводятся отдельно. Время ожидания транзакций с момента их фактического запуска, то есть время, потраченное на выполнение транзакций в базе данных, можно получить, если вычесть время отклонения от графика из времени ожидания транзакций.

Если ограничение `--latency-limit` задаётся вместе с `--rate`, транзакция может заведомо не вписываться в отведённое ей время, если предыдущая транзакция завершится слишком поздно, так как ожидаемое время окончания транзакции отсчитывается от времени запуска по графику. Такие транзакции не передаются серверу, а пропускаются и подсчитываются отдельно.

Большое значение отклонения от графика свидетельствует о том, что система не успевает выполнять транзакции с заданной скоростью и выбранным числом клиентов и потоков. Когда среднее время ожидания транзакции превышает запланированный интервал между транзак-

циями, каждая последующая транзакция будет отставать от графика, и чем дольше будет выполняться тестирование, тем больше будет отставание. Когда это наблюдается, нужно уменьшить скорость транзакций.

`-s коэффициент_масштаба`
`--scale=коэффициент_масштаба`

Показать заданный коэффициент масштаба в выводе pgbench. Для встроенных тестов это не требуется; корректный коэффициент масштаба будет получен в результате подсчёта строк в таблице pgbench_branches. Однако при использовании только нестандартных тестов (запускаемых с ключом `-f`) без этого параметра в качестве коэффициента масштаба будет выводиться 1.

`-S`
`--select-only`

Запустить встроенный скрипт select-only (только выборка). Краткий вариант записи `-b select-only`.

`-t транзакции`
`--transactions=транзакции`

Число транзакций, которые будут выполняться каждым клиентом (по умолчанию 10).

`-T секунды`
`--time=секунды`

Выполнять тест с ограничением по времени (в секундах), а не по числу транзакций для каждого клиента. Параметры `-t` и `-T` являются взаимоисключающими.

`-v`
`--vacuum-all`

Очищать все четыре стандартные таблицы перед запуском теста. Без параметров `-n` и `-v` pgbench будет очищать от старых записей таблицы pgbench_tellers и pgbench_branches, а также опустошать pgbench_history.

`--aggregate-interval=секунды`

Длительность интервала агрегации (в секундах). Может использоваться только с ключом `-l`. С данным параметром в протокол выводится сводка по интервалам, как описано ниже.

`--log-prefix=префикс`

Задать префикс имён файлов для файлов протоколов, создаваемых с ключом `--log`. Префикс по умолчанию — pgbench_log.

`--progress-timestamp`

При отображении прогресса (с параметром `-P`) выводить текущее время (в формате Unix), а не количество секунд от начала запуска. Время задаётся в секундах с точностью до миллисекунд. Это помогает сравнивать журналы, записываемые разными средствами.

`--random-seed=ЗАТРАВКА`

Установить затравку для генератора случайных чисел. Инициализирует генератор случайных чисел, который затем выдаёт последовательность начальных состояний отдельных генераторов для каждого потока. ЗАТРАВКА может принимать следующие значения: time (по умолчанию, затравка базируется на текущем времени), rand (задействовать надёжный генератор случайных чисел или выдать ошибку, если он отсутствует) или беззнаковое десятичное число. Генератор случайных чисел может вызываться явно из скрипта pgbench (функциями random...) или неявно (например, для планирования выполнения транзакций с ключом `--rate`). В случае установки значения явным образом оно выводится в терминале. Любое значение, допустимое в качестве ЗАТРАВКИ, можно также задать в переменной окружения PGBENCH_RANDOM_SEED. Что-

бы заданная затравка применялась во всех возможных случаях использования, задайте этот параметр первым или установите переменную окружения.

Явное указание определённой затравки позволяет точно воспроизвести выполнение `pgbench` в части использования случайных чисел. Так как случайное состояние поддерживается внутри потока, это означает, что выполнение `pgbench` при одинаковых запусках повторится в точности, если один поток используется одним клиентом и отсутствуют внешние зависимости или зависимости от данных. Со статистической точки зрения точное воспроизведение выполнения нежелательно, так как это может скрыть вариативность производительности или показать завышенную скорость, например из-за попадания в одни и те же страницы данных. Однако это может быть очень полезно для отладки, например, для повторения редкого сценария, приводящего к ошибке. Используйте данную возможность обдуманно.

`--sampling-rate=скорость передачи`

Частота выборки для записи данных в протокол, изменяя которую можно уменьшить объём протокола. При указании этого параметра в протокол выводится информация только о заданном проценте транзакций. Со значением 1.0 в нём будут отмечаться все транзакции, а с 0.05 только 5%.

Обработывая протокол, не забудьте учесть частоту выборки. Например, вычисляя скорость (TPS), вам нужно будет соответственно умножить содержащиеся в нём числа (то есть, с частотой выборки 0.01 вы получите только 1/100 фактической скорости).

Общие параметры

`pgbench` принимает следующие общие аргументы командной строки:

`-h компьютер`

`--host=компьютер`

Адрес сервера баз данных

`-p порт`

`--port=порт`

Номер порта сервера баз данных

`-U имя_пользователя`

`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя для подключения

`-V`

`--version`

Вывести версию `pgbench` и завершиться.

`-?`

`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки `pgbench` и завершиться.

Замечания

Каково содержание «транзакции», которую выполняет `pgbench`?

Программа `pgbench` выполняет тестовые скрипты, выбирая их случайным образом из заданного списка. В том числе это встроенные скрипты, заданные аргументами `-b`, и пользовательские скрипты, заданные аргументами `-f`. Для каждого скрипта можно задать относительный вес после `@`, чтобы скорректировать вероятность его выбора. Вес по умолчанию — 1. Скрипты с весом 0 игнорируются.

Стандартный встроенный скрипт (также вызываемый с ключом `-b tpcb-like`) выдаёт семь команд в транзакции со случайно выбранными `aid`, `tid`, `bid` и `balance`. Его сценарий написан по мотивам теста производительности TPC-B, но это не собственно TPC-B, потому он называется так.

```
1. BEGIN;
2. UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid = :aid;
3. SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;
4. UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid = :tid;
5. UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid = :bid;
6. INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES
   (:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);
7. END;
```

При выборе встроенного скрипта `simple-update` (или указании `-N`) шаги 4 и 5 исключаются из транзакции. Это позволяет избежать конкуренции при обращении к этим таблицам, но тест становится ещё менее похожим на TPC-B.

При выборе встроенного теста `select-only` (или указании `-S`) выполняется только `SELECT`.

Пользовательские скрипты

Программа `pgbench` поддерживает запуск пользовательских сценариев оценки производительности, позволяя заменять стандартный скрипт транзакции (описанный выше) скриптом, считываемым из файла (с параметром `-f`). В этом случае «транзакцией» считается одно выполнение данного скрипта.

Файл скрипта содержит одну или несколько команд SQL, разделённых точкой с запятой. Пустые строки и строки, начинающиеся с `--`, игнорируются. В файлах скриптов также могут содержаться «метакоманды», которые обрабатывает сама программа `pgbench`, как описано ниже.

Примечание

До версии PostgreSQL 9.6, SQL-команды в файлах скриптов завершались символами перевода строки, и поэтому они не могли занимать несколько строк. Теперь для разделения последовательных команд SQL *требуется* добавлять точку с запятой (хотя без неё можно обойтись в конце SQL-команды, за которой идёт метакоманда). Если вам нужно создать файл скрипта, работающий и со старыми версиями `pgbench`, записывайте каждую команду SQL в отдельной строке и завершайте её точкой с запятой.

Для файлов скриптов реализован простой механизм подстановки переменных. Имя переменных должно состоять из букв (буквы могут быть не латинскими), цифр и подчёркиваний. Переменные можно задать в командной строке параметрами `-D`, описанными выше, или метакомандами, рассматриваемыми ниже. Помимо переменных, которые можно установить параметрами командной строки `-D`, есть несколько автоматически устанавливаемых переменных; они перечислены в Таблице 241. Если значение этих переменных задаётся в параметре `-D`, оно переопределяет автоматическое значение. Когда значение переменной определено, его можно вставить в команду SQL, написав `:имя_переменной`. Каждый клиентский сеанс, если их несколько, получает собственный набор переменных.

Таблица 241. Автоматические переменные

Переменная	Описание
<code>client_id</code>	уникальное число, идентифицирующее клиентский сеанс (начиная с нуля)

Переменная	Описание
default_seed	затравка, используемая в хеш-функциях по умолчанию
random_seed	затравка генератора случайных чисел (в отсутствие переопределения с ключом -D)
scale	текущий коэффициент масштаба

Метакоманды в скрипте начинаются с обратной косой черты (\) и обычно продолжаются до конца строки, хотя их можно переносить на следующую строку последовательностью символов: обратная косая, возврат каретки. Аргументы метакоманд разделяются пробелами. Поддерживаемые метакоманды представлены ниже:

```
\if выражение
\elif выражение
\else
\endif
```

Эта группа команд реализует вкладываемые условные блоки, подобные `\if выражение` в `psql`. В качестве условных задаются те же выражения, что и в `\set`, при этом истинным считается любое ненулевое значение.

```
\set имя_переменной выражение
```

Устанавливает для переменной `имя_переменной` значение, вычисленное из `выражения`. Выражение может содержать константу `NULL`, логические константы `TRUE` и `FALSE`, целочисленные константы (например, `5432`), константы с плавающей точкой (например, `3.14159`), ссылки на переменные: `имя_переменной`, операторы с обычными для SQL приоритетами и ассоциативностью, вызовы функций, общие условные SQL-выражения `CASE`, а также скобки.

Функции и большинство операторов возвращают `NULL` для аргументов `NULL`.

При проверке условия отличные от нуля числовые значения воспринимаются как `TRUE`, а числовые нулевые значения и `NULL` — как `FALSE`.

Если в конструкции `CASE` отсутствует заключительное `ELSE`, значением по умолчанию считается `NULL`.

Примеры:

```
\set ntellers 10 * :scale
\set aid (1021 * random(1, 100000 * :scale)) % \
(100000 * :scale) + 1
\set divx CASE WHEN :x <> 0 THEN :y/:x ELSE NULL END
```

```
\sleep номер [ us | ms | s ]
```

Приостанавливает выполнение скрипта на заданное число микросекунд (`us`), миллисекунд (`ms`) или секунд (`s`). Когда единицы не указываются, подразумеваются секунды. Здесь *число* может быть целочисленной константой или ссылкой `:имя_переменной` на переменную с целочисленным значением.

Пример:

```
\sleep 10 ms
```

```
\setshell имя_переменной команда [ аргумент ... ]
```

Присваивает переменной `имя_переменной` результат команды оболочки `команда` с указанными аргументами. Эта команда должна просто выдать целочисленное значение в стандартный вывод.

Здесь *команда* и каждый *аргумент* может быть либо текстовой константой, либо ссылкой на переменную :*имя_переменной*. Если вы хотите записать *аргумент*, начинающийся с двоеточия, добавьте перед *аргументом* дополнительное двоеточие.

Пример:

```
\setshell назначаемая_переменная команда
строковый_аргумент :переменная ::строка_начинающаяся_двоеточием
```

```
\shell команда [ аргумент ... ]
```

Действует так же, как и \setshell, но не учитывает результат команды.

Пример:

```
\shell команда строковый_аргумент :переменная ::строка_начинающаяся_двоеточием
```

Встроенные операторы

Арифметические, битовые и логические операторы, а также операторы сравнения, перечисленные в Таблице 242, встроены в pgbench и могут применяться в выражениях в \set.

Таблица 242. Операторы pgbench, в порядке увеличения приоритета

Оператор	Описание	Пример	Результат
OR	логическое ИЛИ	5 or 0	TRUE
AND	логическое И	3 and 0	FALSE
NOT	логическое НЕ	not false	TRUE
IS [NOT] (NULL TRUE FALSE)	проверки значений	1 is null	FALSE
ISNULL NOTNULL	проверки на NULL	1 notnull	TRUE
=	равно	5 = 4	FALSE
<>	не равно	5 <> 4	TRUE
!=	не равно	5 != 5	FALSE
<	меньше	5 < 4	FALSE
<=	меньше или равно	5 <= 4	FALSE
>	больше	5 > 4	TRUE
>=	больше или равно	5 >= 4	TRUE
	целочисленное битовое ИЛИ	1 2	3
#	целочисленное битовое исключающее ИЛИ	1 # 3	2
&	целочисленное битовое И	1 & 3	1
~	целочисленное битовое НЕ	~ 1	-2
<<	целочисленный битовый сдвиг влево	1 << 2	4
>>	целочисленный битовый сдвиг вправо	8 >> 2	2
+	сложение	5 + 4	9
-	вычитание	3 - 2.0	1.0
*	умножение	5 * 4	20

Оператор	Описание	Пример	Результат
/	деление (при целочисленном остаток отбрасывается)	5 / 3	1
%	остаток от деления	3 % 2	1
-	смена знака	- 2.0	-2.0

Встроенные функции

Функции, перечисленные в Таблице 243, встроены в pgbench и могут применяться в выражениях в метакоманде \set.

Таблица 243. Функции pgbench

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
abs(a)	то же, что и a	модуль числа (абсолютное значение)	abs(-17)	17
debug(a)	то же, что и a	выводит a в stderr и возвращает a	debug(5432.1)	5432.1
double(i)	double	приведение к типу с плавающей точкой	double(5432)	5432.0
exp(x)	double	экспонента	exp(1.0)	2.718281828459045
greatest(a [, ...])	double, если любой из аргументов (a) — double, а иначе целое число	наибольшее значение среди аргументов	greatest(5, 4, 3, 2)	5
hash(a [, за- травка])	integer	псевдоним для hash_murmur2()	hash(10, 5432)	-5817877081768721676
hash_fnv1a(a [, за- травка])	integer	хеш FNV-1a	hash_fnv1a(10, 5432)	-7793829335365542153
hash_murmur2(a [, за- травка])	integer	хеш MurmurHash2	hash_murmur2(10, 5432)	-5817877081768721676
int(x)	integer	приведение к целочисленному типу	int(5.4 + 3.8)	9
least(a [, ...])	double, если любой из аргументов (a) — double, а иначе целое число	наименьшее значение среди аргументов	least(5, 4, 3, 2.1)	2.1
ln(x)	double	натуральный логарифм	ln(2.718281828459045)	1.0
mod(i, j)	integer	остаток от деления	mod(54, 32)	22
pi()	double	значение константы PI	pi()	3.14159265358979323846
pow(x, y), power(x, y)	double	возведение в степень	pow(2.0, 10), power(2.0, 10)	1024.0
random(lb, ub)	integer	случайное целое число с равномер-	random(1, 10)	целое между 1 и 10

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ным распределением в интервале [lb, ub]		
random_exponential(lb, ub, параметр)	integer	случайное целое число с экспоненциальным распределением в интервале [lb, ub] , см. ниже	random_exponential(1, 10, 3.0)	целое между 1 и 10
random_gaussian(lb, ub, параметр)	integer	целое число с распределением Гаусса в интервале [lb, ub] , см. ниже	random_gaussian(1, 10, 2.5)	целое между 1 и 10
random_zipfian(lb, ub, параметр)	integer	целое число с распределением Ципфа в интервале [lb, ub] , см. ниже	random_zipfian(1, 10, 1.5)	целое между 1 и 10
sqrt(x)	double	квадратный корень	sqrt(2.0)	1.414213562

Функция `random` выдаёт значения с равномерным распределением, то есть вероятности получения всех чисел в интервале равны. Функции `random_exponential`, `random_gaussian` и `random_zipfian` требуют указания дополнительного параметра типа `double`, определяющего точную форму распределения.

- Для экспоненциального распределения *parameter* управляет распределением, обрезая быстро спадающее экспоненциальное распределение в точке *parameter*, а затем это распределение проецируется на целые числа между границами. Точнее говоря, с

$$f(x) = \exp(-\text{parameter} * (x - \min) / (\max - \min + 1)) / (1 - \exp(-\text{parameter}))$$

значение *i* между *min* и *max* выдаётся с вероятностью: $f(i) - f(i + 1)$.

Интуиция подсказывает, что чем больше *parameter*, тем чаще будут выдаваться значения, близкие к *min*, и тем реже значения, близкие к *max*. Чем *parameter* ближе к 0, тем более плоским (более равномерным) будет распределение. В грубом приближении при таком распределении наиболее частый 1% значений в диапазоне рядом с *min* выдаётся *parameter*% времени. Значение *parameter* должно быть строго положительным.

- Для распределения Гаусса по интервалу строится обычное нормальное распределение (классическая кривая Гаусса в форме колокола) и этот интервал обрезается в точке `-parameter` слева и `+parameter` справа. Вероятнее всего при таком распределении выдаются значения из середины интервала. Точнее говоря, если $\text{PHI}(x)$ — функция распределения нормальной случайной величины со средним значением *mu*, равным $(\max + \min) / 2.0$, и

$$f(x) = \text{PHI}(2.0 * \text{parameter} * (x - \mu) / (\max - \min + 1)) / (2.0 * \text{PHI}(\text{parameter}) - 1)$$

тогда значение *i* между *min* и *max* включительно выдаётся с вероятностью: $f(i + 0.5) - f(i - 0.5)$. Интуиция подсказывает, что чем больше *parameter*, тем чаще будут выдаваться значения в середине интервала, и тем реже значения у границ *min* и *max*. Около 67% значений будут выдаваться из среднего интервала $1.0 / \text{parameter}$, то есть плюс/минус $0.5 / \text{parameter}$ от среднего значения, и 95% из среднего интервала $2.0 / \text{parameter}$, то есть плюс/минус $1.0 / \text{parameter}$ от среднего значения; например, если *parameter* равен 4.0, 67% значений выдаются из средней четверти $(1.0 / 4.0)$ интервала (то есть от $3.0 / 8.0$ до $5.0 / 8.0$) и 95%

из средней половины (2.0 / 4.0) интервала (из второй и третьей четвертей). Чтобы преобразование Бокса-Мюллера было быстрым, *parameter* должен быть не меньше 2.0.

- Функция `random_zipfian` генерирует приблизительное ограниченное распределение по закону Ципфа. Для *параметра* в интервале (0, 1) выбирается приблизительный алгоритм, реализованный по книге «Quickly Generating Billion-Record Synthetic Databases» («Быстрая генерация синтетических баз данных с миллиардами записей», Джим Грей и соавторы, SIGMOD 1994). Для *параметра* в интервале (1, 1000) выбирается метод отклонения, основанный на материале книги «Non-Uniform Random Variate Generation» («Генерация неравномерно распределённых случайных чисел» Люк Деврой, стр. 550-551, Springer 1986). При значении параметра, равном 1.0, распределение не определено. При значениях параметра, превышающих и близких к 1.0, и при небольшом интервале скорость генерации будет низкой.

параметр определяет, насколько неравномерно распределение. Чем больше *параметр*, тем чаще выдаются значения, близкие к началу интервала. Чем он ближе к 0, тем более плоским (равномерным) будет распределение.

Функции хеширования `hash`, `hash_murmur2` и `hash_fnv1a` принимают на вход аргумент и необязательный параметр с затравкой. Если значение затравки не задаётся, используется значение переменной `:default_seed`, которая инициализируется случайным числом (если не задаётся явно ключом командной строки `-D`). Функции хеширования могут использоваться для разброса распределения случайных функций, таких как `random_zipfian` или `random_exponential`. Например, следующий скрипт `pgbench` эмулирует возможную реальную нагрузку, типичную для социальных медиа- и блог-платформ, где несколько пользователей генерируют львиную долю нагрузки:

```
\set r random_zipfian(0, 1000000000, 1.07)
\set k abs(hash(:r)) % 1000000
```

В некоторых случаях требуются другие разнообразные распределения, не коррелирующие друг с другом, и тогда может быть полезно явное указание затравки:

```
\set k1 abs(hash(:r, :default_seed + 123)) % 1000000
\set k2 abs(hash(:r, :default_seed + 321)) % 1000000
```

В качестве примера взгляните на встроенное определение транзакции типа TPC-B:

```
\set aid random(1, 100000 * :scale)
\set bid random(1, 1 * :scale)
\set tid random(1, 10 * :scale)
\set delta random(-5000, 5000)
BEGIN;
UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid = :aid;
SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;
UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid = :tid;
UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid = :bid;
INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES
(:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);
END;
```

С таким скриптом транзакция на каждой итерации будет обращаться к разным, случайно выбираемым строкам. (Этот пример показывает, почему важно, чтобы в каждом клиентском сеансе были собственные переменные — в противном случае они не будут независимо обращаться к разным строкам.)

Протоколирование транзакций

С параметром `-l` (но без `--aggregate-interval`), `pgbench` записывает информацию о каждой транзакции в протокол. Этот файл протокола будет называться *префикс.nnn*, где *префикс* по умолчанию — `pgbench_log`, а *nnn* — PID процесса `pgbench`. Префикс можно сменить, воспользовавшись ключом `--log-prefix`. Если параметр `-j` равен 2 или выше, будет создано несколько рабочих потоков, и каждый будет записывать отдельный протокол. Первый рабочий процесс будет использовать файл с тем же именем, что и в стандартном случае с одним потоком, а файлы остальных потоков будут называться *префикс.nnn.mmm*, где *mmm* — последовательный номер рабочего процесса, начиная с 1.

Протокол имеет следующий формат:

```
код_клиента число_транзакций длительность номер_скрипта время_эпохи время_мкс
[ отставание_от_графика ]
```

Здесь *код_клиента* показывает, в сеансе какого клиента запускалась транзакция, *число_транзакций* отражает, сколько транзакций выполнялось в этом сеансе, *длительность* — общее время транзакций (в микросекундах), *номер_скрипта* показывает, какой файл скрипта использовался (это полезно при указании нескольких скриптов ключами *-f* и *-b*), а *время_эпохи/время_мкс* — отметка времени в формате Unix и смещение в микросекундах (из этих чисел можно получить время стандарта ISO 8601 с дробными секундами), показывающие, когда транзакция была завершена. Поле *отставание_от_графика* представляет разницу между запланированным временем запуска транзакции и фактическим временем запуска (в микросекундах). Оно выводится, только когда применяется параметр *--rate*. Когда одновременно применяются параметры *--rate* и *--latency-limit*, в поле *длительность* для пропущенных транзакций будет выводиться *skipped*.

Фрагмент протокола, полученного при выполнении с одним клиентом:

```
0 199 2241 0 1175850568 995598
0 200 2465 0 1175850568 998079
0 201 2513 0 1175850569 608
0 202 2038 0 1175850569 2663
```

Ещё один пример с *--rate=100* и *--latency-limit=5* (обратите внимание на дополнительный столбец *отставание_от_графика*):

```
0 81 4621 0 1412881037 912698 3005
0 82 6173 0 1412881037 914578 4304
0 83 skipped 0 1412881037 914578 5217
0 83 skipped 0 1412881037 914578 5099
0 83 4722 0 1412881037 916203 3108
0 84 4142 0 1412881037 918023 2333
0 85 2465 0 1412881037 919759 740
```

В этом примере транзакция 82 опоздала, так как её длительность (6.173 мс) превысила ограничение в 5 мс. Следующие две транзакции были пропущены, так как было слишком поздно их начинать.

Когда проводится длительное тестирование с большим количеством транзакций, файлы протоколов могут быть очень объёмными. Чтобы в них записывалась только случайная выборка транзакций, можно запустить команду с параметром *--sampling-rate*.

Протоколирование с агрегированием

С параметром *--aggregate-interval* протоколы имеют несколько иной формат:

```
начало_интервала число_транзакций сумма_длительности сумма_длительности_2 мин_длительность м
[ сумма_задержки сумма_задержки_2 мин_задержка макс_задержка [ пропущено_транзакций ] ]
```

Здесь *начало_интервала* — начальное время интервала (в формате времени UNIX), *число_транзакций* — количество транзакций в данном интервале, *сумма_длительности* — суммарная длительность транзакций, *сумма_длительности_2* — сумма квадратов длительностей транзакций в интервале, *мин_длительность* — минимальная длительность в интервале, а *макс_задержка* — максимальная. Следующие поля, *сумма_задержки*, *сумма_задержки_2*, *мин_задержка* и *макс_задержка*, присутствуют, только если применяется параметр *--rate*. Они отражают время, на которое задержалась каждая транзакция, ожидая завершения предыдущей, то есть разницу между временем фактического запуска и запланированным временем. Самое последнее поле, *пропущено_транзакций*, тоже присутствует, только если применяется ключ *--latency-limit*. В нём выводится число транзакций, пропущенных из-за того, что их запуск задержался слишком надолго. Каждая транзакция учитывается в том интервале, в котором она была зафиксирована.

Пример вывода:

```
1345828501 5601 1542744 483552416 61 2573
1345828503 7884 1979812 565806736 60 1479
1345828505 7208 1979422 567277552 59 1391
1345828507 7685 1980268 569784714 60 1398
1345828509 7073 1979779 573489941 236 1411
```

Заметьте, что простой протокол (без агрегирования) показывает, какой скрипт использовался для каждой транзакции, в отличие от протокола с агрегированием. Таким образом, если вам нужны подобные сведения, но в разрезе скриптов, вам придётся агрегировать данные самостоятельно.

Время ожидания по операторам

С параметром `-r` программа `pgbench` учитывает время выполнения каждого оператора каждым клиентом. Затем по завершении тестирования она выводит среднее по всем значениям как время ожидания каждого оператора.

Со стандартным скриптом вывод будет примерно таким:

```
starting vacuum...end.
transaction type: <builtin: TPC-B (sort of)>
scaling factor: 1
query mode: simple
number of clients: 10
number of threads: 1
number of transactions per client: 1000
number of transactions actually processed: 10000/10000
latency average = 15.844 ms
latency stddev = 2.715 ms
tps = 618.764555 (including connections establishing)
tps = 622.977698 (excluding connections establishing)
statement latencies in milliseconds:
    0.002  \set aid random(1, 100000 * :scale)
    0.005  \set bid random(1, 1 * :scale)
    0.002  \set tid random(1, 10 * :scale)
    0.001  \set delta random(-5000, 5000)
    0.326  BEGIN;
    0.603  UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + :delta WHERE aid
= :aid;
    0.454  SELECT abalance FROM pgbench_accounts WHERE aid = :aid;
    5.528  UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + :delta WHERE tid
= :tid;
    7.335  UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + :delta WHERE bid
= :bid;
    0.371  INSERT INTO pgbench_history (tid, bid, aid, delta, mtime) VALUES
(:tid, :bid, :aid, :delta, CURRENT_TIMESTAMP);
    1.212  END;
```

Если задействуется несколько файлов скриптов, средние значения выводятся отдельно для каждого файла.

Учтите, что сбор дополнительных временных показателей влечёт некоторые издержки и приводит к снижению средней скорости и, как результат, падению TPS. На сколько именно снизится скорость, во многом зависит от платформы и оборудования. Хороший способ оценить, каковы эти издержки — сравнить средние значения TPS, получаемые с подсчётом времени операторов и без такого подсчёта.

Полезные советы

Используя `pgbench`, можно без особого труда получить абсолютно бессмысленные числа. Последуйте приведённым советам, чтобы получить полезные результаты.

Во-первых, *никогда* не доверяйте тестам, которые выполняются всего несколько секунд. Воспользуйтесь параметром `-t` и `-T` и установите время выполнения не меньше нескольких минут, чтобы избавиться от шума в средних значениях. В некоторых случаях для получения воспроизводимых результатов тестирование должно продолжаться несколько часов. Чтобы понять, были ли получены воспроизводимые значения, имеет смысл запустить тестирование несколько раз.

Для стандартного сценария по типу TPC-B начальный коэффициент масштаба (`-s`) должен быть не меньше числа клиентов, с каким вы намерены проводить тестирование (`-c`); в противном случае вы, по большому счёту, будете замерять время конкурентных изменений. Таблица `pgbench_branches` содержит всего `-s` строк, а каждая транзакция хочет изменить одну из них, так что если значение `-c` превышает `-s`, это несомненно приведёт к тому, что многие транзакции будут блокироваться другими.

Стандартный сценарий тестирования также довольно сильно зависит от того, сколько времени прошло с момента инициализации таблиц: накопление неактуальных строк и «мёртвого» пространства в таблицах влияет на результаты. Чтобы правильно оценить результаты, необходимо учитывать, сколько всего изменений было произведено и когда выполнялась очистка. Если же включена автоочистка, это может быть чревато непредсказуемыми изменениями оценок производительности.

Полезность результатов `pgbench` также может ограничиваться тем, что тестирование с большим числом клиентских сеансов само по себе нагружает систему. Этого можно избежать, запуская `pgbench` на другом компьютере, не на сервере баз данных, хотя при этом большое значение имеет скорость сети. Иногда, оценивая производительность одного сервера, полезно запускать даже несколько экземпляров `pgbench` параллельно, на отдельных клиентских компьютерах.

Безопасность

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, не запускайте `pgbench` в этой базе. Программа `pgbench` использует неполные имена и не настраивает для себя путь поиска.

pg_config

pg_config — вывести информацию об установленной версии PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_config [параметр...]
```

Описание

Утилита pg_config выводит параметры конфигурации текущей установленной версии PostgreSQL. Это помогает, например, найти заголовочные файлы и библиотеки, требующиеся программным средствам, которые хотят взаимодействовать с PostgreSQL.

Параметры

При использовании pg_config можно передать следующие параметры:

--bindir

Вывести расположение исполняемых файлов. Можно использовать, например, для поиска утилиты `psql`. Обычно там же находится и сама утилита `pg_config`.

--docdir

Вывести расположение файлов документации.

--htmldir

Вывести расположение файлов документации в формате HTML.

--includedir

Вывести расположение заголовочных C-файлов клиентских интерфейсов.

--pkgincludedir

Вывести расположение других заголовочных C-файлов.

--includedir-server

Вывести расположение заголовочных C-файлов для программирования серверной части.

--libdir

Вывести расположение библиотек объектного кода.

--pkglibdir

Вывести расположение динамически подгружаемых модулей, либо путь, где сервер должен их искать. По этому пути также могут размещаться и другие архитектурно-зависимые файлы.

--localedir

Вывести расположение файлов поддержки локалей. Если поддержка локалей не была сконфигурирована на этапе сборки PostgreSQL, будет выведена пустая строка.

--mandir

Вывести расположение страниц руководства `man`.

--sharedir

Вывести расположение архитектурно-независимых вспомогательных файлов.

--sysconfdir

Вывести расположение системных конфигурационных файлов.

--pgxs

Вывести расположение файлов сборки расширений.

--configure

Вывести список параметров `configure`, использованных при сборке PostgreSQL. Это может пригодиться, чтобы при последующей сборке сделать идентичную конфигурацию. Или для того, чтобы найти с какими параметрами был собран используемый бинарный пакет. (Стоит отметить, что бинарные пакеты нередко содержат патчи, специфичные для дистрибутивов.) См. примеры ниже.

--cc

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CC`. Оно отражает, какой C-компилятор применялся.

--cppflags

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CPPFLAGS`. Оно отражает флаги C-компилятора, применённые для препроцессора. Обычно это флаги `-I`.

--cflags

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CFLAGS`. Оно отражает флаги C-компилятора, применённые при сборке.

--cflags_sl

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `CFLAGS_SL`. Оно отражает дополнительные флаги C-компилятора для сборки разделяемых библиотек.

--ldflags

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS`. Оно отражает флаги компоновщика.

--ldflags_ex

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS_EX`. Оно отражает флаги компоновщика, использованные при сборке лишь исполняемых файлов.

--ldflags_sl

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LDFLAGS_SL`. Оно отражает флаги компоновщика, использованные при сборке лишь разделяемых библиотек.

--libs

Вывести использованное при сборке PostgreSQL значение переменной `LIBS`. Обычно оно отражает флаги подключения внешних библиотек к PostgreSQL, переданные с ключом `-l`.

--version

Вывести версию PostgreSQL.

-?

--help

Вывести справку по команде `pg_config`.

Если одновременно передано несколько параметров, то выводимая информация будет следовать согласно их порядку. Если параметры не переданы, то будет выведена вся информация с подписями, к чему она относится.

Замечания

Параметры `--docdir`, `--pkgincludedir`, `--localedir`, `--mandir`, `--sharedir`, `--sysconfdir`, `--cc`, `--cppflags`, `--cflags`, `--cflags_sl`, `--ldflags`, `--ldflags_sl` и `--libs` доступны, начиная с версии PostgreSQL 8.1. Параметр `--htmldir` добавлен в PostgreSQL 8.4. Параметр `--ldflags_ex` добавлен в PostgreSQL 9.0.

Пример

Чтобы воспроизвести конфигурацию сборки текущей инсталляции PostgreSQL, можно выполнить команду:

```
eval `./configure `pg_config --configure`
```

Вывод `pg_config --configure` содержит символы экранирования, поэтому значения аргументов, содержащие пробелы, представлены корректно. Таким образом, для получения корректного результата необходимо применить `eval`.

pg_dump

pg_dump — выгрузить базу данных PostgreSQL в формате скрипта в файл или архив

Синтаксис

```
pg_dump [параметр-подключения...] [параметр...] [имя_бд]
```

Описание

pg_dump — это программа для создания резервных копий базы данных PostgreSQL. Она создаёт целостные копии, даже если база параллельно используется. Программа pg_dump не препятствует доступу других пользователей к базе данных (ни для чтения, ни для записи).

Программа pg_dump выгружает только одну базу данных. Чтобы выгрузить весь кластер или сохранить глобальные объекты, относящиеся ко всем базам в кластере, например, роли и табличные пространства, воспользуйтесь программой pg_dumpall.

Выгружаемые данные могут быть сохранены в виде скрипта, либо в одном из архивных форматов. Скрипты представляют собой текстовые файлы, содержащие SQL-команды, необходимые для воссоздания базы данных до состояния на момент создания скрипта. Для восстановления из скрипта его содержимое можно передать psql. Скрипты можно использовать для восстановления базы на других машинах, в том числе с иной архитектурой, а с некоторыми коррективами даже в других СУБД.

Для восстановления из архивных форматов файлов используется утилита pg_restore. Эти форматы позволяют указывать pg_restore какие объекты базы данных восстановить, а также позволяют изменить порядок следования восстанавливаемых объектов. Архивные форматы файлов спроектированы так, чтобы их можно было переносить на другие платформы с другой архитектурой.

Применение архивных форматов в сочетании утилит pg_restore и pg_dump позволяет организовать эффективный механизм архивации и переноса данных. pg_dump можно использовать для резервирования всей базы данных, а затем при применении pg_restore выбрать нужные объекты для восстановления. Наиболее гибкие форматы резервных файлов это «custom» (-Fc) и «directory» (-Fd). Они позволяют выбрать и изменить порядок объектов, поддерживают восстановление в несколько потоков, а также сжимаются по умолчанию. При этом формат «directory» единственный, позволяющий выгружать данные в несколько потоков.

Во время работы pg_dump следует обращать внимание на предупреждения, которые печатаются в стандартный поток ошибок, особенно ввиду рассмотренных далее ограничений.

Параметры

Параметры командной строки для управления содержимым и форматом вывода.

имя_бд

Указывает имя базы данных, из которой будут выгружаться данные. Если имя не задано, то используется значение переменной окружения PGDATABASE. Если и переменная не задана, то в качестве имени базы будет взято имя пользователя, под которым осуществляется подключение.

-a

--data-only

Выводить только данные, но не схемы объектов (DDL). Будут копироваться данные таблиц, большие объекты, значения последовательностей.

Флаг похож на --section=data, но по историческим причинам не равнозначен ему.

`-b`
`--blobs`

Включить большие объекты в выгрузку. Это поведение по умолчанию при отсутствии ключей `--schema`, `--table` или `--schema-only`. Таким образом, ключ `-b` полезен, лишь когда нужно добавить большие объекты при выгрузке только избранной схемы или таблицы. Заметьте, что большие объекты относятся к данным, и поэтому будут выгружаться, когда используется ключ `--data-only`, но не ключ `--schema-only`.

`-B`
`--no-blobs`

Исключить из выгрузки большие объекты.

Когда задаётся и `-b`, и `-B`, большие объекты при выгрузке данных будут выводиться (см. описание ключа `-b`).

`-c`
`--clean`

Включить в выходной файл команды удаления (DROP) объектов базы данных перед командами создания (CREATE) этих объектов. Если дополнительно не указать флаг `--if-exists`, то при восстановлении в базу данных, где некоторые объекты отсутствуют, попытка удаления несуществующего объекта будет приводить к ошибке, которую можно игнорировать.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове `pg_restore`.

`-C`
`--create`

Сформировать в начале вывода команду для создания базы данных и затем подключения к ней. В этом случае не важно, какая база указана в параметрах подключения перед выполнением скрипта. Также, если указан ключ `--clean`, то скрипт сначала удалит, а затем пересоздаст базу данных перед подключением к ней.

С ключом `--create` в выходной файл также включается комментарий к базе данных (если он задан) и все назначения переменных конфигурации, связанные с базой данных, то есть все команды `ALTER DATABASE ... SET ...` и `ALTER ROLE ... IN DATABASE ... SET ...`, ссылающиеся на эту базу данных. Также выгружаются права доступа к самой базе данных, если не добавлен ключ `--no-acl`.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове `pg_restore`.

`-E кодировка`
`--encoding=кодировка`

Создать копию в заданной кодировке. По умолчанию копия создаётся в кодировке, используемой базой данных. Другой способ достичь того же результата — задать желаемую кодировку в переменной окружения `PGCLIENTENCODING`.

`-f файл`
`--file=файл`

Отправить вывод в указанный файл. Параметр можно не указывать, если используется формат с выводом в файл. В этом случае будет использован стандартный вывод. Однако для формата с выводом в каталог параметр является обязательным и должен указывать на путь к каталогу. В таком случае каталог будет создан командой `pg_dump` и не должен существовать заранее.

`-F format`
`--format=format`

Указывает формат вывода копии. `format` может принимать следующие значения:

p
plain

Сформировать текстовый SQL-скрипт. Это поведение по умолчанию.

c
custom

Вывести копию в архивном формате, пригодном для дальнейшего использования утилитой `pg_restore`. Наравне с `directory` является наиболее гибким форматом, позволяющим вручную выбирать и сортировать восстанавливаемые объекты. Вывод в этом формате по умолчанию сжимается.

d
directory

Выгрузить в формате каталога. Этот формат пригоден для дальнейшего использования утилитой `pg_restore`. При этом будет создан каталог, в котором для каждой таблицы и большого объекта будут созданы отдельные файлы, а также файл оглавления в машинно-читаемом формате, понятном для `pg_restore`. С полученной резервной копией можно работать штатными средствами Unix, например, несжатую копию можно сжать посредством `gzip`. Этот формат по умолчанию сжимается, а также поддерживает работу в несколько потоков.

t
tar

Вывести копию в формате `tar`, для дальнейшего использования утилитой `pg_restore`. Этот формат совместим с форматом вывода в каталог: если архив распаковать, получится корректная копия в формате каталога. Однако формат `tar` не поддерживает сжатие. Также, применяя формат `tar`, при восстановлении нельзя изменить относительный порядок элементов данных.

-j *njobs*
--jobs=*njobs*

Запустить выгрузку в несколько потоков, которые смогут параллельно обрабатывать *njobs* таблиц. Это уменьшает время работы, но увеличивает нагрузку на сервер. Этот параметр можно использовать только с форматом вывода `directory`, так как это единственный формат, позволяющий нескольким процессам одновременно записывать данные.

`pg_dump` откроет *njobs* + 1 соединений с базой данных. Таким образом необходимо обеспечить достаточное значение параметра `max_connections`.

Если во время выгрузки в несколько потоков, параллельно работающие сессии будут запрашивать эксклюзивные блокировки на объекты базы данных, то `pg_dump` может завершиться аварийно. Дело в том, что головной процесс `pg_dump` вначале запрашивает разделяемые блокировки на объекты, которые позже будут выгружать рабочие процессы. Это делается для того, чтобы никто не смог удалить объекты на время работы `pg_dump`. Если же другая сессия запросит эксклюзивную блокировку на объект, то запрос на блокировку будет поставлен в очередь, до тех пор пока разделяемая блокировка головного процесса `pg_dump` не будет снята. В последующем, любая попытка доступа к этому объекту будет вставать в очередь, вслед за эксклюзивной блокировкой. В том числе в очередь попадет и рабочий процесс `pg_dump`. Если не принять меры предосторожности, то получим классическую взаимоблокировку. Для предупреждения подобных конфликтов, рабочий процесс `pg_dump` ещё раз запрашивает разделяемую блокировку на объект с указанием `NOWAIT`. И если он не смог получить блокировку, значит кто-то ещё запросил эксклюзивную блокировку объекта. А это значит, что нет возможности продолжить выгрузку, поэтому `pg_dump` прерывает дальнейшую работу.

Для получения целостной резервной копии серверу баз данных необходимо поддерживать функциональность синхронизированных снимков, которая была введена в версии PostgreSQL 9.2 для ведущих серверов и в 10 для ведомых. Это позволяет разным клиентам работать с одной и той же версией данных, несмотря на использование разных подключений. `pg_dump -j` исполь-

зует множественные подключения. Первое подключение осуществляется головным процессом, а последующие — рабочими процессами. Без функциональности синхронизируемых снимков нет гарантии того, что каждое подключение увидит одни и те же данные, что может привести к несогласованности данных резервной копии.

Если необходимо выполнить выгрузку в несколько потоков на сервере версии до 9.2, необходимо быть уверенным, что база данных не будет изменяться с момента подключения головного процесса и до момента, когда последний рабочий процесс подключится к базе данных. Для этого, проще всего перед запуском `pg_dump` остановить все процессы, модифицирующие данные (DML и DDL). Также, при запуске `pg_dump -j` на сервере PostgreSQL до версии 9.2 нужно указывать параметр `--no-synchronized-snapshots`.

```
-n схема
--schema=схема
```

Выгрузить только схемы, соответствующие шаблону *схема*; вместе с этими схемами будут выгружены и все содержащиеся в них объекты. Когда этот параметр отсутствует, выгружаются все несистемные схемы в целевой базе данных. Чтобы выгрузить несколько схем, ключ `-n` можно указать несколько раз. Кроме того, параметр *схема* интерпретируется как шаблон по тем же правилам, что и с командами `psql \d` (см. Подраздел «Шаблоны поиска»), так что несколько схем можно выбрать и шаблоном со знаками подстановки. Используя знаки подстановки, при необходимости заключайте шаблон в кавычки, чтобы эти знаки не разворачивала оболочка системы; см. Раздел «Примеры».

Примечание

При использовании `-n`, `pg_dump` не выгружает объекты других схем, от которых выгружаемая схема может зависеть. Таким образом не гарантируется, что выгруженная схема будет успешно восстановлена на чистой базе данных.

Примечание

Не принадлежащие схемам объекты (например, большие бинарные объекты), не выгружаются с параметром `-n`. Однако можно указать `--blobs`, чтобы они попали в выгрузку.

```
-N схема
--exclude-schema=схема
```

Не выгружать схемы, соответствующие шаблону *схема*. Шаблон интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-n`. Параметр `-N` можно использовать в команде несколько раз для исключения схем, соответствующих нескольким шаблонам.

При одновременном использовании параметров `-n` и `-N` будут выгружаться схемы, соответствующие шаблону параметра `-n` и не противоречащие шаблону параметра `-N`.

```
-o
--oids
```

Выгружать идентификаторы объектов (OIDs) вместе с данными таблиц. Используйте этот параметр, если в приложении есть ссылки на OID, например во внешних ключах. В противном случае, этот параметр лучше не использовать.

```
-O
--no-owner
```

Не формировать команды, устанавливающие владельца объектов базы данных. По умолчанию `pg_dump` генерирует команды `ALTER OWNER` или `SET SESSION AUTHORIZATION` для назначения

владельцев объектов базы. Эти команды завершатся неудачно, если скрипт будет запущен не суперпользователем или не владельцем объектов. Чтобы создать скрипт, который можно выполнить при восстановлении от лица произвольного пользователя и назначить его в качестве владельца объектов восстанавливаемой базы, необходимо указать флаг `-O`.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове `pg_restore`.

`-R`
`--no-reconnect`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-s`
`--schema-only`

Выгружать только определения объектов (схемы), без данных.

Действие параметра противоположно действию `--data-only`. Это похоже на указание `--section=pre-data --section=post-data`, но по историческим причинам не равнозначно ему.

(Не путайте этот параметр с `--schema`, где слово «схема» используется в другом значении.)

Чтобы не выгружать данные отдельных таблиц, используйте параметр `--exclude-table-data`.

`-S имя_пользователя`
`--superuser=имя_пользователя`

Указать суперпользователя, который будет использоваться для отключения триггеров. Параметр имеет значение только вместе с `--disable-triggers`. Обычно его лучше не использовать, а запускать полученный скрипт от имени суперпользователя.

`-t таблица`
`--table=таблица`

Выгрузить только таблицы, соответствующие шаблону `таблица`. В этом контексте под «таблицей» подразумеваются также представления, материализованные представления, последовательности и сторонние таблицы. Чтобы выбрать несколько таблиц, ключ `-t` можно указать несколько раз. Кроме того, параметр `таблица` интерпретируется как шаблон по тем же правилам, что и с командами `psql \d` (см. Подраздел «Шаблоны поиска»), так что несколько таблиц можно выбрать и с шаблоном со знаками подстановки. Используя знаки подстановки, при необходимости заключайте шаблон в кавычки, чтобы эти знаки не разворачивала оболочка системы; см. Раздел «Примеры».

Параметры `-n` и `-N` не оказывают влияния на параметр `-t`, так как отобранные с его помощью таблицы всё равно будут выгружены.

Примечание

При использовании `-t`, `pg_dump` не выгружает прочие объекты, от которых выгружаемые таблицы могут зависеть. Таким образом не гарантируется, что выгруженные таблицы будут успешно восстановлены на чистой базе данных.

Примечание

Поведение параметра `-t` для версий ниже чем PostgreSQL 8.2 отличается от более поздних. Прежде, указание `-t таблица` включало все таблицы, соответствующие шаблону `таблица`, а сейчас это приведёт к выгрузке только тех таблиц, которые будут обнаружены в текущем пути поиска. Для получения старого поведения можно

использовать конструкцию вида `-t '*.таблица'`. Также, чтобы указать таблицу из конкретной схемы, сейчас лучше использовать `-t схема.таблица`, вместо старой конструкции `-n схема -t таблица`.

`-T таблица`

`--exclude-table=таблица`

Не выгружать таблицы, соответствующие шаблону *таблица*. Шаблон интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-t`. Параметр `-T` можно использовать в команде несколько раз для исключения таблиц, соответствующих нескольким шаблонам.

При одновременном использовании параметров `-t` и `-T` будут выгружаться таблицы, соответствующие шаблону параметра `-t` и не противоречащие шаблону параметра `-T`.

`-v`

`--verbose`

Включить подробный режим. `pg_dump` будет выводить в стандартный поток ошибок подробные комментарии к объектам, включая время начала и окончания выгрузки, а также сообщения о прогрессе выполнения.

`-V`

`--version`

Вывести версию `pg_dump`.

`-x`

`--no-privileges`

`--no-acl`

Не выгружать права доступа (команды GRANT/REVOKE).

`-Z 0..9`

`--compress=0..9`

Установить уровень сжатия данных. Ноль означает, что сжатие выключено. Для архивного формата `custom` будут сжиматься файлы отдельных таблиц. По умолчанию применяется умеренный уровень сжатия. Если указать отличный от нулевого уровень сжатия для формата `plain`, то сжиматься будет весь выходной файл, как это было бы при передаче файла команде `gzip`. Но по умолчанию для `plain` сжатие данных отключено. Формат `tar` в настоящий момент не поддерживает сжатие.

`--binary-upgrade`

Этот параметр предназначен для утилит обновления сервера. Использование для иных целей не рекомендуется и не поддерживается. Поведение параметра может быть изменено в последующих версиях без предварительного уведомления.

`--column-inserts`

`--attribute-inserts`

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` с явным указанием столбцов (`INSERT INTO table (column, ...) VALUES ...`). В этом случае, скорость восстановления значительно снизится. Полезно в тех случаях, когда загружать данные нужно не в PostgreSQL. Также, поскольку для каждой строки генерируется отдельная команда, сбой при последующей загрузке приведёт к потере конкретной строки, а не всей таблицы.

`--disable-dollar-quoting`

Этот параметр запрещает заключать в доллары тело функций, что оставляет возможность только заключать их в кавычки, применяя стандартный синтаксис SQL.

--disable-triggers

Используется при выгрузке одних данных. Указывает `pg_dump` включать в вывод команды для временного выключения триггеров при восстановлении в целевой базе данных. Применяется в ситуациях, когда существуют проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые необходимо выключить на время восстановления.

В настоящее время команды, генерируемые с параметром `--disable-triggers`, должны исполняться от имени суперпользователя. Таким образом, необходимо также передавать флаг `-S`, либо при восстановлении выполнять скрипт от имени суперпользователя.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове `pg_restore`.

--enable-row-security

Этот параметр имеет смысл только при выгрузке содержимого таблицы, для которой включена защита строк. По умолчанию `pg_dump` устанавливает для `row_security` значение `off`, чтобы убедиться, что выгружаются все данные из таблицы. Если пользователь не имеет достаточных прав для обхода защиты строк, выдаётся ошибка. Этот параметр указывает `pg_dump` включить `row_security`, что позволит пользователю выгрузить часть содержимого таблицы, к которой он имеет доступ.

Заметьте, что в настоящее время для использования этого параметра обычно желательно, чтобы данные были выгружены в формате `INSERT`, так как команда `COPY FROM` в процессе восстановления не поддерживает защиту строк.

--exclude-table-data=таблица

Не выгружать содержимое таблиц, соответствующих шаблону *таблица*. Шаблон таблицы интерпретируется по тем же правилам, что и для параметра `-t`. Параметр `--exclude-table-data` можно использовать в команде несколько раз для исключения таблиц, соответствующих нескольким шаблонам. Полезно, когда нужно получить определение таблицы, без содержимого.

Чтобы не выгружать содержимое всех таблиц базы, используйте параметр `--schema-only`.

--if-exists

При очистке целевой базы использовать условные команды (добавлять предложение `IF EXISTS`). Применяется только с параметром `--clean`.

--inserts

Выгружать данные таблиц в виде команд `INSERT` вместо `COPY`. В этом случае, скорость восстановления значительно снизится. Полезно в тех случаях, когда загружать данные нужно не в PostgreSQL. Также, поскольку для каждой строки генерируется отдельная команда, сбой при последующей загрузке приведёт к потере конкретной строки, а не всей таблицы. Обратите внимание, что последующая загрузка может завершиться неудачно, если у таблицы изменён порядок столбцов. Можно использовать параметр `--column-inserts`, для которого порядок столбцов не важен, но он работает ещё медленнее.

--load-via-partition-root

При выгрузке данных для секции таблицы выводить команды `COPY` или `INSERT`, ссылающиеся на корневую таблицу в иерархии секционирования, а не на эту секцию. В результате при загрузке данных подходящая секция будет выбираться заново для каждой строки. Это может быть полезно при перезагрузке данных, когда на целевом сервере строки не всегда попадают в те же секции, в которых они находились на исходном. Это возможно, например, когда столбец разбиения имеет текстовый тип и в двух системах по-разному определено правило сортировки, по которому упорядочивается этот столбец.

При восстановлении из архива с этим параметром лучше не использовать распараллеливание, так как `pg_restore` не будет иметь представления, в какие секции попадут данные. Это может повлечь снижение производительности из-за конфликтов блокировки между параллельными заданиями или даже сбой из-за того, что ограничения внешнего ключа вступят в силу прежде, чем будут загружены все нужные данные.

`--lock-wait-timeout=время_ожидания`

Не ждать бесконечно получения разделяемых блокировок таблиц в начале процедуры выгрузки. Вместо этого выдать ошибку, если не удастся заблокировать таблицы за указанное *время_ожидания*. Это время можно задать в любом из форматов, принимаемых командой `SET statement_timeout`. (Допустимые форматы зависят от версии сервера, выгружающего данные, но количество миллисекунд в виде целого числа принимают все версии.)

`--no-comments`

Не выгружать комментарии.

`--no-publications`

Не выгружать публикации.

`--no-security-labels`

Не выгружать метки безопасности.

`--no-subscriptions`

Не выгружать подписки.

`--no-sync`

По умолчанию `pg_dump` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_dump` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы выгруженные данные могут оказаться испорченными. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`--no-synchronized-snapshots`

Позволяет запускать `pg_dump -j` на серверах с версией ниже чем 9.2. Подробнее в описании параметра `-j`.

`--no-tablespaces`

Не формировать команды для указания табличных пространств. Все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

Параметр полезен только для вывода файлов в формате `plain`. Для архивных форматов, этот параметр можно указывать при вызове `pg_restore`.

`--no-unlogged-table-data`

Не выгружать данные нежурналируемых таблиц. Параметр не влияет на выгрузку определения таблиц, он только подавляет вывод содержимого таблиц. При запуске на резервном сервере, содержимое нежурналируемых таблиц никогда не выгружается.

`--quote-all-identifiers`

Принудительно экранировать все идентификаторы. Этот параметр рекомендуется при выгрузке базы, когда основная версия сервера PostgreSQL, с которого выгружается база, отличается от версии `pg_dump`, или когда выгруженная копия предназначена для загрузки на сервере с другой основной версией. По умолчанию `pg_dump` экранирует только те идентификаторы, которые являются зарезервированными словами в собственной основной версии. Иногда

это приводит к проблемам совместимости с серверами других версий, в которых множество зарезервированных слов может быть несколько другим. Применение параметра `--quote-all-identifiers` предотвращает подобные проблемы, ценой ухудшения читаемости скрипта с выгруженными данными.

`--section=имя секции`

Выгружать лишь указанную секцию. Имя секции может принимать значения `pre-data`, `data` или `post-data`. Для выгрузки нескольких секций, параметр можно использовать несколько раз в одной команде. По умолчанию резервируются все секции.

Секция `data` содержит непосредственно данные таблиц, больших объектов и значения последовательностей. Секция `post-data` содержит определения индексов, триггеров, правил и ограничений (кроме ограничений проверки, созданных без `NOT VALID`). Секция `pre-data` включает определения остальных элементов.

`--serializable-deferrable`

Использовать при выгрузке транзакцию с уровнем изоляции `serializable` для получения снимка, согласованного с последующими состояниями базы. Правда для этого нужно выждать момент, когда в потоке транзакций нет аномалий, и поэтому нет риска, что выгрузка завершится неудачно, и риска отката других транзакций с ошибкой `serialization_failure`. Более подробно изоляция транзакций и управление одновременным доступом описывается в Главе 13.

Параметр не особо полезен в случаях, когда требуется восстановление после сбоя. Он полезен для создания копии базы данных, в которой формируются отчёты и выполняются другие операции чтения, в то время как в основной базе продолжается обычная работа. Без этого параметра выгрузка может содержать не целостное состояние базы данных. Например, если используется пакетная обработка, статус пакета может отражаться как завершённый, в то время как в выгрузке будут не все элементы пакета.

Параметр не будет влиять на результат, если во время запуска `pg_dump` нет активных транзакций на чтение-запись. Если же активные транзакции чтения-записи есть, то начало выгрузки может быть отложено на неопределённый период времени. После того как выгрузка началась, производительность с этим ключом или без него будет одинаковой.

`--snapshot=имя_снимка`

Использовать заданный синхронный снимок при выгрузке данных из базы (за подробностями обратитесь к Таблице 9.82).

Этот параметр полезен, когда требуется синхронизировать выгружаемые данные со слотом логической репликации (см. Главу 49) или с другим одновременным сеансом.

В случае с параллельной выгрузкой будет использоваться имя снимка, определённое этим параметром; новый снимок не будет сделан.

`--strict-names`

Требуется, чтобы каждому указанию схемы (`-n/--schema`) и таблицы (`-t/--table`) соответствовала минимум одна схема/таблица в выгружаемой базе данных. Заметьте, что если не находится вообще ни одной схемы/таблицы для заданных шаблонов, `pg_dump` выдаёт ошибку и без ключа `--strict-names`.

Этот параметр не действует на ключи `-N/--exclude-schema`, `-T/--exclude-table` или `--exclude-table-data`. Если не находятся объекты, соответствующие шаблонам исключения, это не считается ошибкой.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более

стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов. Кроме того, для использования `SET SESSION AUTHORIZATION` при восстановлении нужны права суперпользователя, в то время как `ALTER OWNER` требует меньших привилегий.

-?
--help

Показать справку по аргументам командной строки `pg_dump` и завершиться.

Далее описаны параметры управления подключением.

-d *имя_бд*
--dbname=*имя_бд*

Указывает имя базы данных для подключения. Эквивалентно указанию *dbname* в качестве первого аргумента, не являющегося параметром в командной строке.

Если параметр содержит символ `=`, или начинается с допустимого префикса URI, например, `postgres://` или `postgres://`, то он трактуется аналогично строке подключения *conninfo*. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.1.

-h *сервер*
--host=*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

-p *порт*
--port=*порт*

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

-U *имя_пользователя*
--username=*имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

-w
--no-password

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

-W
--password

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `pg_dump` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `pg_dump` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

--role=*имя роли*

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять выгрузку. Получив это имя, `pg_dump` выполнит `SET ROLE имя_роли` после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку

пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для `pg_dump`, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволяет выполнить выгрузку, не нарушая их.

Переменные окружения

PGDATABASE
PGHOST
PGOPTIONS
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Диагностика

`pg_dump` на низком уровне выполняет команды `SELECT`. Если есть проблемы с работой `pg_dump`, убедитесь, что в базе данных можно выполнить `SELECT`, например из `psql`. Также следует учитывать, что при этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека `libpq`.

Обычно действия `pg_dump` в базе данных отслеживаются сборщиком статистики. Если это нежелательно, то можно установить параметр `track_counts` в `false` в переменной окружения `PGOPTIONS` или в команде `ALTER USER`.

Замечания

Если в базу данных кластера `template1` устанавливались дополнительные объекты, то следует убедиться, что выгрузка `pg_dump` загружается в пустую базу данных. Иначе существует вероятность возникновения ошибок дублирования создаваемых объектов. Чтобы создать пустую базу данных, копируйте её из шаблона `template0`, вместо `template1`, например:

```
CREATE DATABASE foo WITH TEMPLATE template0;
```

Если выгружаются только данные с одновременным использованием `--disable-triggers`, `pg_dump` сформирует команды для выключения табличных триггеров перед вставкой данных, а после них — команды, включающие триггеры обратно. Если восстановление будет прервано в середине процесса, системный каталог может остаться в неверном состоянии.

Сформированный `pg_dump` файл не содержит статистики, которую использует планировщик для принятия решений при планировании запросов. Поэтому после восстановления разумно будет выполнить `ANALYZE` для достижения оптимальной производительности; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6.

Так как `pg_dump` применяется для переноса данных в новые версии PostgreSQL, предполагается, что вывод `pg_dump` можно загрузить на сервер PostgreSQL более новой версии, чем версия `pg_dump`. `pg_dump` может также выгружать данные серверов PostgreSQL более старых версий, чем его собственная. (В настоящее время поддерживаются версии, начиная с 8.0.) Однако утилита `pg_dump` не может выгружать данные с серверов PostgreSQL более новых основных версий; она не будет даже пытаться делать это, во избежание некорректной выгрузки. Также не гарантируется, что вывод `pg_dump` может быть загружен на сервере более старой основной версии — даже если данные были выгружены с сервера той же версии. Для загрузки такого файла на старом сервере может потребоваться вручную исправить в нём синтаксис, не воспринимаемый старой версией. Имея дело с разными версиями, рекомендуется применять параметр `--quote-all-identifiers`, так как он может предотвратить проблемы, возникающие при изменении множества зарезервированных слов в разных версиях PostgreSQL.

Выгружая подписки на логическую репликацию, `pg_dump` будет выдавать команды `CREATE SUBSCRIPTION` с указанием `NOCONNECT`, так что при восстановлении подписки не будут устанавливаться удалённые подключения для создания слота репликации или для начального копирования таблиц. Таким образом, выгруженные данные могут быть восстановлены без сетевого доступа к удалённым серверам. Вновь активировать подписки должным образом — задача пользователя. Если задействованные серверы поменялись, возможно, придётся скорректировать строки подключения. Также может быть уместно опустошить целевые таблицы перед началом полного копирования таблиц.

Примеры

Выгрузка базы данных `mydb` в файл SQL-скрипта:

```
$ pg_dump mydb > db.sql
```

Восстановление из ранее полученного скрипта в чистую базу `newdb`:

```
$ psql -d newdb -f db.sql
```

Выгрузка базы данных в формате `custom`:

```
$ pg_dump -Fc mydb > db.dump
```

Выгрузка базы данных в формате `directory`:

```
$ pg_dump -Fd mydb -f dumpdir
```

Выгрузка базы данных в формате `directory` в 5 параллельных потоков:

```
$ pg_dump -Fd mydb -j 5 -f dumpdir
```

Восстановление из архива в чистую новую базу данных `newdb`:

```
$ pg_restore -d newdb db.dump
```

Восстановление архива в ту же базу данных, из которой он был выгружен, с предварительным удалением текущего содержимого этой базы данных:

```
$ pg_restore -d postgres --clean --create db.dump
```

Выгрузка отдельной таблицы `mytab`:

```
$ pg_dump -t mytab mydb > db.sql
```

Выгрузка всех таблиц, имена которых начинаются с `emp` и которые принадлежат схеме `detroit`, кроме таблицы `employee_log`:

```
$ pg_dump -t 'detroit.emp*' -T detroit.employee_log mydb > db.sql
```

Выгрузка всех схем, имена которых начинаются с `east` или `west`, заканчиваются на `gsm` и не содержат `test`:

```
$ pg_dump -n 'east*gsm' -n 'west*gsm' -N '*test*' mydb > db.sql
```

То же самое, но с использованием регулярного выражения:

```
$ pg_dump -n '(east|west)*gsm' -N '*test*' mydb > db.sql
```

Выгрузка всех объектов базы данных, кроме таблиц, имена которых начинаются с `ts_`:

```
$ pg_dump -T 'ts_*' mydb > db.sql
```

Чтобы указать имя в верхнем или смешанном регистре в ключе `-t` и связанных с ним, это имя нужно заключить в кавычки; иначе оно будет приведено к нижнему регистру (см. Подраздел «Шаблоны поиска»). Но кавычки являются спецсимволом для оболочки, так что и их нужно заключать

в кавычки. Так, чтобы выгрузить одну таблицу с именем в смешанном регистре, нужно написать примерно следующее:

```
$ pg_dump -t "\"MixedCaseName\"" mydb > mytab.sql
```

См. также

pg_dumpall, pg_restore, psql

pg_dumpall

pg_dumpall — выгрузить кластер баз данных PostgreSQL в формате скрипта

Синтаксис

pg_dumpall [*параметр-подключения...*] [*параметр...*]

Описание

Утилита pg_dumpall предназначена для записи («выгрузки») всех баз данных кластера PostgreSQL в один файл в формате скрипта. Этот файл содержит команды SQL, так что передав его на вход psql, можно восстановить все базы данных. Для формирования этого файла вызывается pg_dump для каждой базы данных в кластере. pg_dumpall также выгружает глобальные объекты, общие для всех баз данных, то есть роли и табличные пространства. (Программа pg_dump не сохраняет эти объекты.)

Так как утилита pg_dumpall читает таблицы из всех баз данных, для получения полного содержимого баз запускать её, как правило, нужно от имени суперпользователя. Также права суперпользователя требуются при последующем выполнении сохранённого скрипта, чтобы он смог добавить роли и создать базы данных.

Генерируемый SQL-скрипт записывается в стандартное устройство вывода. Чтобы перенаправить его в файл, воспользуйтесь параметром [-ffile] или операторами оболочки.

Утилите pg_dumpall требуется подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз (к каждой базе по отдельности). Если вы проходите проверку подлинности по паролю, вам придётся каждый раз вводить пароль. Чтобы избежать этого, удобно иметь файл ~/.pgpass. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.15.

Параметры

Параметры командной строки для управления содержимым и форматом вывода.

- a
--data-only
Выгружать только данные, без схемы (определений данных).
- c
--clean
Добавить команды SQL для удаления (DROP) баз данных перед командами, создающими их. В дополнение к ним добавляются команды DROP для ролей и табличных пространств.
- E *кодировка*
--encoding=*кодировка*
Создать копию в заданной кодировке. По умолчанию копия создаётся в кодировке базы данных. (Другой способ достичь того же результата — задать желаемую кодировку в переменной окружения PGCLIENTENCODING.)
- f *имя_файла*
--file=*имя_файла*
Направить вывод в указанный файл. Если этот параметр опущен, скрипт записывается в стандартный вывод.
- g
--globals-only
Выгружать только глобальные объекты (роли и табличные пространства), без баз данных.

-o
--oids

Выгружать идентификаторы объектов (OIDs) вместе с данными таблиц. Используйте этот параметр, если в приложении есть ссылки на OID, например во внешних ключах. В противном случае, этот параметр лучше не использовать.

-O
--no-owner

Не генерировать команды, устанавливающие владение объектами, как в исходной базе данных. По умолчанию, pg_dumpall генерирует команды ALTER OWNER или SET SESSION AUTHORIZATION, восстанавливающие исходных владельцев для создаваемых элементов схемы. Однако выполнить эти команды сможет только суперпользователь (или пользователь, владеющий всеми объектами, создаваемыми скриптом). Чтобы получить скрипт, который сможет восстановить любой пользователь (но при этом он станет владельцем всех объектов), используется -O.

-r
--roles-only

Выгружать только роли, без баз данных и табличных пространств.

-s
--schema-only

Выгружать только определения объектов (схемы), без данных.

-S *имя_пользователя*
--superuser=*имя_пользователя*

Указать суперпользователя, который будет использоваться для отключения триггеров. Параметр имеет значение только вместе с --disable-triggers. Обычно его лучше не использовать, а запускать полученный скрипт от имени суперпользователя.

-t
--tablespaces-only

Выгружать только табличные пространства, без баз данных и ролей.

-v
--verbose

Включить режим подробных сообщений. В этом режиме pg_dumpall записывает в выходной файл время начала/завершения выгрузки, а в стандартный канал ошибок — сообщения о процессе. При этом подробные сообщения будет также выводить pg_dump.

-V
--version

Сообщить версию pg_dumpall и завершиться.

-x
--no-privileges
--no-acl

Не выгружать права доступа (команды GRANT/REVOKE).

--binary-upgrade

Этот параметр предназначен для утилит обновления сервера. Использование для иных целей не рекомендуется и не поддерживается. Поведение параметра может быть изменено в последующих версиях без предварительного уведомления.

--column-inserts
--attribute-inserts

Выгружать данные в виде команд INSERT с явно задаваемыми именами столбцов (INSERT INTO *таблица* (*столбец*, ...) VALUES ...). При этом восстановление будет очень медленным; в основном это применяется для выгрузки данных, которые затем будут загружаться не в PostgreSQL.

--disable-dollar-quoting

Этот параметр запрещает заключать в доллары тело функций, что оставляет возможность только заключать их в кавычки, применяя стандартный синтаксис SQL.

--disable-triggers

Этот параметр действует только при выгрузке одних данных. С ним pg_dumpall добавляет команды, отключающие триггеры в целевых таблицах на время загрузки данных. Используйте его, если в ваших таблицах определены проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые вы не хотели бы выполнять в процессе загрузки данных.

В настоящее время команды, генерируемые с параметром --disable-triggers, должны исполняться от имени суперпользователя. Таким образом, необходимо также передавать флаг -S, либо при восстановлении выполнять скрипт от имени суперпользователя.

--if-exists

Использовать условные команды (т. е. добавлять предложение IF EXISTS) при удалении базы данных и других объектов. Этот параметр принимается, только если также указан параметр --clean.

--inserts

Выгружать данные в виде команд INSERT, а не COPY. При этом восстановление значительно замедлится; в основном это применяется для выгрузки данных, которые затем будут загружаться не в PostgreSQL. Заметьте, что восстановление может вовсе не выполниться при изменении порядка столбцов в таблицах. В этом смысле параметр --column-inserts безопаснее, но восстановление будет ещё медленнее.

--load-via-partition-root

При выгрузке данных для секции таблицы выводить команды COPY или INSERT, ссылающиеся на корневую таблицу в иерархии секционирования, а не на эту секцию. В результате при загрузке данных подходящая секция будет выбираться заново для каждой строки. Это может быть полезно при перезагрузке данных, когда на целевом сервере строки не всегда попадают в те же секции, в которых они находились на исходном. Это возможно, например, когда столбец разбиения имеет текстовый тип и в двух системах по-разному определено правило сортировки, по которому упорядочивается этот столбец.

--lock-wait-timeout=*время_ожидания*

Не ждать бесконечно получения разделяемых блокировок таблиц в начале процедуры выгрузки. Вместо этого выдать ошибку, если не удастся заблокировать таблицы за указанное *время_ожидания*. Это время можно задать в любом из форматов, принимаемых командой SET statement_timeout. Допустимые значения зависят от версии сервера, выгружающего данные, но количество миллисекунд в виде целого числа принимают все версии, начиная с 7.3. Более ранние версии игнорируют этот параметр.

--no-comments

Не выгружать комментарии.

--no-publications

Не выгружать публикации.

`--no-role-passwords`

Не выгружать пароли ролей. При восстановлении все роли получают пароль NULL и не смогут пройти проверку подлинности, пока им не будут назначены пароли. Так как значения паролей не нужны, когда используется это указание, информация о ролях считывается из системного представления `pg_roles`, а не из `pg_authid`. Таким образом, данный вариант может быть также полезен, если доступ к `pg_authid` ограничен политикой безопасности.

`--no-security-labels`

Не выгружать метки безопасности.

`--no-subscriptions`

Не выгружать подписки.

`--no-sync`

По умолчанию `pg_dumpall` ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром `pg_dumpall` завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы выгруженные данные могут оказаться испорченными. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

`--no-tablespaces`

Не выводить команды, создающие или выбирающие табличные пространства для объектов. С этим параметром все объекты будут созданы в пространстве по умолчанию, установленном во время восстановления.

`--no-unlogged-table-data`

Не выгружать содержимое нежурналируемых таблиц. Этот параметр не влияет на то, как выгружаются определения этих таблиц (схема); он отключает только выгрузку данных из них.

`--quote-all-identifiers`

Принудительно экранировать все идентификаторы. Этот параметр рекомендуется при выгрузке базы, когда основная версия сервера PostgreSQL, с которого выгружается база, отличается от версии `pg_dumpall`, или когда выгруженная копия предназначена для загрузки на сервере с другой основной версией. По умолчанию `pg_dumpall` экранирует только те идентификаторы, которые являются зарезервированными словами в собственной основной версии. Иногда это приводит к проблемам совместимости с серверами других версий, в которых множество зарезервированных слов может быть несколько другим. Применение параметра `--quote-all-identifiers` предотвращает подобные проблемы, ценой ухудшения читаемости скрипта с выгруженными данными.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов.

`-?`

`--help`

Показать справку по аргументам командной строки `pg_dumpall` и завершиться.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d строка_подключения`

`--dbname=строка_подключения`

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения. См. Подраздел 34.1.1 для более подробной информации.

Этот параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как `pg_dumpall` подключается не к одной базе данных, имя базы в строке подключения игнорируется. Чтобы указать имя базы данных для начального подключения, которое будет использоваться для выгрузки глобальных объектов и обнаружения других выгружаемых баз, воспользуйтесь параметром `-l`.

`-h сервер`
`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер баз данных. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-l имя_бд`
`--database=имя_бд`

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут выгружаться глобальные объекты и находиться другие выгружаемые базы. По умолчанию используется база `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `pg_dumpall` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `pg_dumpall` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Заметьте, что пароль будет запрашиваться повторно для выгрузки каждой базы данных. Поэтому обычно лучше настроить файл `~/ .pgpass`, и не вводить пароль каждый раз вручную.

`--role=имя роли`

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять выгрузку. Получив это имя, `pg_dumpall` выполнит `SET ROLE имя_роли` после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для `pg_dumpall`, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволяет выполнить выгрузку, не нарушая их.

Переменные окружения

PGHOST
PGOPTIONS
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Замечания

Так как `pg_dumpall` внутри себя вызывает `pg_dump`, часть диагностических сообщений будет относиться к `pg_dump`.

Ключ `--clean` может быть полезен, даже если вы намереваетесь восстановить копию из скрипта в новом кластере. С `--clean` скрипт сможет удалить и пересоздать встроенные базы данных `postgres` и `template1`, так что они получат свойства, которые имели одноимённые базы в исходном кластере (например, локаль и кодировку). Без данного ключа эти базы сохраняют свои свойства уровня базы данных, а также всё существующее содержимое.

После восстановления имеет смысл запустить `ANALYZE` для каждой базы данных, чтобы оптимизатор получил актуальную статистику. Также можно запустить анализ для всех баз данных, выполнив команду `vacuumdb -a -z`.

Не следует ожидать, что скрипт выгрузки будет выполняться абсолютно без ошибок. В частности, так как он будет содержать `CREATE ROLE` для каждой существующей в исходном кластере роли, при попытке создать суперпользователя определённо произойдёт ошибка «role already exists» (роль уже существует), если только целевой кластер был инициализирован не с другим начальным именем суперпользователя. Эта ошибка не критична и её следует просто игнорировать. С ключом `--clean` весьма вероятны другие незначительные сообщения об ошибках, связанные с несуществующими объектами; их число можно минимизировать, добавив ключ `--if-exists`.

При использовании `pg_dumpall` требуется, чтобы все необходимые каталоги табличных пространств существовали до восстановления; в противном случае, создание баз данных в нестандартном размещении завершится ошибкой.

Примеры

Выгрузка всех баз данных:

```
$ pg_dumpall > db.out
```

Загрузить базы данных из этого файла можно так:

```
$ psql -f db.out postgres
```

К какой базе вы подключаетесь, в принципе не имеет значения, так как скрипт, созданный утилитой `pg_dumpall`, будет содержать все команды, требующиеся для создания сохранённых баз данных и подключения к ним. Однако это важно, если применяется ключ `--clean` — тогда вы должны изначально подключиться к базе `postgres`; скрипт попытается прежде всего удалить остальные базы данных, но не сможет этого сделать для базы, к которой вы подключены.

См. также

Обратитесь к описанию `pg_dump`, чтобы узнать об условиях, при которых могут возникнуть проблемы.

pg_isready

pg_isready — проверить соединение с сервером PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_isready [параметр-подключения...] [параметр...]
```

Описание

Утилита pg_isready предназначена для проверки соединения с сервером баз данных PostgreSQL. Результат проверки передаётся в коде завершения.

Параметры

```
-d имя_бд  
--dbname=имя_бд
```

Задаёт имя базы данных, к которой нужно подключиться.

Если этот параметр содержит знак = или начинается с допустимого префикса URI (postgres:// или postgres://), он воспринимается как строка *conninfo*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 34.1.1.

```
-h компьютер  
--host=компьютер
```

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

```
-p порт  
--port=порт
```

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной среды PGPORT, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции, обычно 5432.

```
-q  
--quiet
```

Не выводить сообщение о состоянии. Это полезно в скриптах.

```
-t секунды  
--timeout=секунды
```

Максимальное время ожидания (в секундах) при попытке подключения, по истечении которого констатируется, что сервер не отвечает. Значение по умолчанию — 3 секунды.

```
-U имя_пользователя  
--username=имя_пользователя
```

Подключиться к базе данных с заданным именем пользователя вместо подразумеваемого по умолчанию.

```
-V  
--version
```

Сообщить версию pg_isready и завершиться.

```
-?  
--help
```

Показать справку по аргументам командной строки pg_isready и завершиться.

Код завершения

Утилита `pg_isready` возвращает в оболочку 0, если сервер принимает подключения, 1, если он сбрасывает подключения (например, во время загрузки), 2, если при попытке подключения не получен ответ, и 3, если попытки подключения не было (например, из-за некорректных параметров).

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, `pg_isready` также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Замечания

Чтобы получить состояние сервера, передавать имя пользователя, пароль и имя базы данных не требуется; но если передать некорректные значения, сервер выведет в журнал сообщение о неудачной попытке подключения.

Примеры

Обычное использование:

```
$ pg_isready
/tmp:5432 - accepting connections
$ echo $?
0
```

Запуск с параметрами подключения, во время загрузки кластера PostgreSQL:

```
$ pg_isready -h localhost -p 5433
localhost:5433 - rejecting connections
$ echo $?
1
```

Запуск с параметрами подключения, в случае, когда кластер PostgreSQL недоступен:

```
$ pg_isready -h someremotehost
someremotehost:5432 - no response
$ echo $?
2
```

pg_receivewal

pg_receivewal — получает журналы предзаписи с сервера PostgreSQL

Синтаксис

pg_receivewal [*параметр...*]

Описание

Утилита pg_receivewal предназначена для приёма журнала предзаписи от работающего кластера PostgreSQL. Журнал предзаписи передаётся по протоколу потоковой репликации и записывается в локальный каталог. Затем этот каталог можно использовать в качестве архива для восстановления состояния на момент времени (см. Раздел 25.3).

pg_receivewal принимает журнал предзаписи в реальном времени по мере того, как он генерируется на сервере, и не ждёт завершения сегментов, как это делает archive_command. Поэтому pg_receivewal можно использовать, не устанавливая archive_timeout.

В отличие от приёмника WAL, работающего на ведомом сервере PostgreSQL, pg_receivewal по умолчанию сохраняет на диск данные WAL, только когда файл WAL закрывается. Чтобы сохранять данные в реальном времени, нужно указать параметр `--synchronous`.

Журнал предзаписи передаётся через обычное подключение к PostgreSQL, с использованием протокола репликации. Подключение должен устанавливать суперпользователь или пользователь с правом `REPLICATION` (см. Раздел 21.2), а в `pg_hba.conf` должно разрешаться подключение для репликации. Кроме того, параметр `max_wal_senders` на сервере должен быть достаточно большим, чтобы можно было создать ещё один сеанс для передачи потока.

Если подключение разорвалось или его с самого начала не удаётся установить из-за не критической ошибки, pg_receivewal будет бесконечно повторять попытки подключения и восстановит передачу, как только сможет. Чтобы отменить это поведение, воспользуйтесь параметром `-n`.

В отсутствие критичных ошибок pg_receivewal будет выполняться до прерывания сигналом SIGINT (**Control+C**).

Параметры

`-D каталог`

`--directory=каталог`

Каталог, в который будут записываться данные.

Этот параметр является обязательным.

`-E lsn`

`--endpos=lsn`

Автоматически прекратить репликацию и завершить работу с кодом выхода 0 (без ошибки) при достижении заданного LSN.

Если будет получена запись с LSN, равным заданному `lsn`, она будет обработана.

`--if-not-exists`

Не выдавать ошибку, когда указан параметр `--create-slot` и слот с заданным именем уже существует.

`-n`

`--no-loop`

Не повторять цикл при ошибках подключения, а сразу завершать работу, возвращая ошибку.

`--no-sync`

С этим ключом `pg_receivewal` не будет принудительно сбрасывать данные WAL на диск. Этот вариант быстрее, но при последующем сбое операционной системы сегменты WAL могут оказаться испорченными. Обычно этот ключ полезен при тестировании, но при создании архива WAL в производственной среде использовать его не следует.

Этот ключ несовместим с `--synchronous`.

`-s` *интервал*

`--status-interval=интервал`

Указывает интервал в секундах между отправками серверу пакетов состояния. Это позволяет упростить мониторинг прогресса. Чтобы выключить периодическое обновление состояния, необходимо установить значение в ноль. При этом обновление будет отправляться по запросу сервера для избежания отсоединения по истечению времени. Значение по умолчанию составляет 10 секунд.

`-S` *имя_слота*

`--slot=имя_слота`

Указывает `pg_receivewal` использовать существующий слот репликации (см. Подраздел 26.2.6). Когда задан этот параметр, `pg_receivewal` будет сообщать серверу текущую позицию сохранения, отмечая, какой сегмент был сохранён на диске, чтобы сервер мог удалить этот сегмент, если он больше не нужен.

Когда клиент репликации `pg_receivewal` настроен на сервере как синхронный ведомый сервер, для используемого слота репликации серверу будет передаваться позиция сохранённых данных, но только когда файл WAL закрывается. Таким образом, в такой конфигурации транзакции на ведущем сервере будут ожидать завершения продолжительное время и по сути будут работать неудовлетворительно. Чтобы эта конфигурация работала корректно, нужно дополнительно указать параметр `--synchronous` (см. ниже).

`--synchronous`

Сохранять данные WAL на диск сразу после того, как они были получены. Также передавать пакет состояния сразу после сохранения, вне зависимости от `--status-interval`.

Этот параметр следует указывать, если клиент репликации `pg_receivewal` настроен на сервере как синхронный ведомый, чтобы обеспечить своевременную передачу ответа серверу.

`-v`

`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

`-Z` *уровень*

`--compress=уровень`

Включает gzip-сжатие журналов предзаписи и задаёт уровень сжатия от 0 (без сжатия) до 9 (максимальное сжатие). При этом ко всем именам файлов tar добавляется суффикс `.gz`.

Далее описаны параметры управления подключением.

`-d` *строка_подключения*

`--dbname=строка_подключения`

Указывает параметры подключения к серверу в формате строки подключения. См. Подраздел 34.1.1 для более подробной информации.

Параметр называется `--dbname` для согласованности с другими клиентскими приложениями, но так как `pg_receivewal` не подключается к какой-либо конкретной базе, это имя в строке подключения игнорируется.

`-h сервер`
`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя для подключения.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `pg_receivewal` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `pg_receivewal` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`pg_receivewal` может выполнить одно из двух действий в отношении слотов физической репликации:

`--create-slot`

Создать слот физической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

`--drop-slot`

Удалить слот репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

Другие флаги:

`-V`
`--version`

Сообщить версию `pg_receivewal` и завершиться.

`-?`
`--help`

Вывести справку по аргументам командной строки `pg_receivewal` и завершиться.

Код завершения

`pg_receivewal` завершится с кодом 0 при прерывании сигналом SIGINT. (Это штатный способ его завершения, поэтому получение этого сигнала не считается ошибкой.) При критических ошибках или получении других сигналов код выхода будет ненулевым.

Переменные окружения

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Замечания

Применяя `pg_receivewal` вместо `archive_command` в качестве основного способа резервного копирования WAL, настоятельно рекомендуется использовать слоты репликации. В противном случае сервер вполне может переписать или удалить файлы журнала предзаписи, прежде чем они будут скопированы, так как он не получает никакой информации, через `archive_command` или слоты репликации, о том, как проходит архивация потока WAL. Учтите, однако, что при использовании слота репликации может заполниться всё место на диске, если принимающая сторона не будет успевать принимать данные WAL.

`pg_receivewal` сохранит разрешения для группы в полученных файлах WAL, если такие разрешения установлены в исходном кластере.

Примеры

Следующая команда принимает журнал предзаписи с сервера `mydbserver` и сохраняет его в локальном каталоге `/usr/local/pgsql/archive`:

```
$ pg_receivewal -h mydbserver -D /usr/local/pgsql/archive
```

См. также

`pg_basebackup`

pg_recvlogical

pg_recvlogical — управление потоками логического декодирования PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_recvlogical [параметр...]
```

Описание

Утилита `pg_recvlogical` управляет слотами логического декодирования и принимает данные из таких слотов репликации.

Она создаёт соединение в режиме репликации, так что на него распространяются те же ограничения, что и с `pg_receivewal`, плюс ограничения логической репликации (см. Главу 49).

`pg_recvlogical` не предоставляет возможностей, соответствующих режимам `peek` и `get` в SQL-интерфейсе логического декодирования. Она передаёт серверу подтверждения воспроизведения данных по мере их получения и при штатном выходе. Чтобы просмотреть данные, ожидающие передачи через слот, не принимая их, воспользуйтесь функцией `pg_logical_slot_peek_changes`.

Параметры

Для выбора действия необходимо указать минимум один из этих параметров:

`--create-slot`

Создать новый слот логической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, используя модуль вывода, заданный аргументом `--plugin`, для базы данных, указанной в `--dbname`.

`--drop-slot`

Удалить слот репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и завершиться.

`--start`

Начать приём потока изменений из слота логической репликации с именем, заданным аргументом `--slot`, и продолжать до сигнала прерывания. Если передача потока прерывается на другой стороне из-за выключения или остановки сервера, цикл подключения и передачи повторяется (если не добавлен параметр `--no-loop`).

Формат потока определяется модулем вывода, выбранным при создании слота.

Для получения потока подключаться нужно к той же базе, для которой создавался слот.

Параметры `--create-slot` и `--start` исключают друг друга. Действие `--drop-slot` несовместимо с любыми другими действиями.

Следующие параметры командной строки управляют расположением и форматом выводимых данных, а также другим поведением репликации:

`-E lsn`

`--endpos=lsn`

В режиме `--start` автоматически закончить репликацию и выйти с кодом обычного завершения 0, когда при приёме данных достигается указанный LSN. Если этот ключ указывается не в режиме `--start`, выдаётся ошибка.

Если встречается запись с LSN, в точности равным `lsn`, эта запись будет выведена.

С указанием `--endpos` границы транзакций не отслеживаются, так что вывод программы может оказаться обрезанным посередине транзакции. Частично полученная транзакция не будет

считаться принятой и будет воспроизведена заново при следующем чтении из этого слота. Отдельные сообщения не обрезаются никогда.

`-f имя_файла`
`--file=имя_файла`

Записывать полученные и декодированные данные транзакций в указанный файл. Для вывода в stdout укажите - (минус).

`-F секунды`
`--fsync-interval=секунды`

Устанавливает, как часто `pg_recvlogical` будет вызывать `fsync()`, чтобы гарантировать, что выходной файл надёжно сохранён на диске.

Сервер время от времени даёт клиенту команду сохранить данные и сообщить сохранённую позицию, но этот параметр позволяет выполнять сохранение чаще.

При значении, равном 0, функция `fsync()` вообще не вызывается, но серверу сообщается новая позиция. Это может привести к потере данных в случае сбоя.

`-l lsn`
`--startpos=lsn`

В режиме `--start` репликация начнётся с данного LSN. Как это работает, подробно описывается в Главе 49 и Разделе 53.4. В других режимах игнорируется.

`--if-not-exists`

Не выдавать ошибку, когда указан параметр `--create-slot` и слот с заданным именем уже существует.

`-n`
`--no-loop`

Когда подключение к серверу потеряно, не повторять цикл, просто завершить работу.

`-o имя[=значение]`
`--option=имя[=значение]`

Передаёт параметр `имя_параметра` модулю вывода, при этом может быть передано и его значение. Набор параметров и их действия зависят от выбранного модуля вывода.

`-P модуль`
`--plugin=модуль`

Использовать указанный модуль вывода логического декодирования при создании слота. См. Главу 49. Этот параметр не действует, если слот уже существует.

`-s секунды`
`--status-interval=секунды`

Этот параметр действует так же, как одноимённый параметр `pg_recvwal` (см. его описание там).

`-S имя_слота`
`--slot=имя_слота`

Этот параметр задаёт имя слота логической репликации, который будет использоваться в режиме `--start`, создаваться в режиме `--create-slot` или удаляться в режиме `--drop-slot`.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

Далее описаны параметры управления подключением.

```
-d база_данных
--dbname=база_данных
```

Этот параметр выбирает базу данных для подключения. Как именно она используется, можно узнать в описании соответствующих действий. Это может быть строка подключения libpq; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 34.1.1. По умолчанию имя базы определяется именем пользователя.

```
-h имя_компьютера-или-ip
--host=имя_компьютера-или-ip
```

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения PGHOST, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

```
-p порт
--port=порт
```

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения PGPORT, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

```
-U user
--username=user
```

Имя пользователя для подключения. По умолчанию это имя текущего пользователя операционной системы.

```
-w
--no-password
```

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл .pgpass, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

```
-W
--password
```

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как pg_recvlogical запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, pg_recvlogical лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести -W, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Также есть следующие дополнительные параметры:

```
-V
--version
```

Сообщить версию pg_recvlogical и завершиться.

```
/?
--help
```

Показать справку по аргументам командной строки pg_recvlogical и завершиться.

Переменные окружения

Как и большинство других утилит PostgreSQL, приложение также использует переменные окружения, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Замечания

pg_recvlogical сохранит разрешения для группы в полученных файлах WAL, если такие разрешения установлены в исходном кластере.

Примеры

Примеры использования можно найти в Разделе 49.1.

См. также

pg_receivewal

pg_restore

pg_restore — восстановить базу данных PostgreSQL из файла архива, созданного командой pg_dump

Синтаксис

```
pg_restore [параметр-подключения...] [параметр...] [имя_файла]
```

Описание

Утилита pg_restore предназначена для восстановления базы данных PostgreSQL из архива, созданного командой pg_dump в любом из не текстовых форматов. Она выполняет команды, необходимые для восстановления того состояния базы данных, в котором база была сохранена. При наличии файлов архивов, pg_restore может восстанавливать данные избирательно или даже переупорядочить объекты перед восстановлением. Заметьте, что разработанный для файлов архива формат не привязан к архитектуре.

Утилита pg_restore может работать в двух режимах. Если указывается имя базы данных, pg_restore подключается к этой базе данных и восстанавливает содержимое архива непосредственно в неё. В противном случае, создаётся SQL-скрипт с командами, необходимыми для пересоздания базы данных, который затем выводится в файл или в стандартное устройство вывода. Сформированный скрипт будет в точности соответствовать выводу pg_dump в простом текстовом формате. Поэтому некоторые из параметров, управляющих выводом, аналогичны параметрам pg_dump.

Разумеется, pg_restore может восстановить информацию, только если она присутствует в файле архива, и только в существующем виде. Например, если архив был создан с указанием «выгрузить данные в виде команд INSERT», pg_restore не сможет загрузить эти данные, используя операторы COPY.

Параметры

Утилита pg_restore принимает следующие аргументы командной строки.

имя_файла

Указывает расположение восстанавливаемого файла архива (или каталога, для архива в формате каталога). По умолчанию используется устройство стандартного ввода.

-a

--data-only

Восстанавливать только данные, без схемы (определений данных). При этом восстанавливаются данные таблиц, большие объекты и значения последовательностей, имеющиеся в архиве.

Флаг похож на --section=data, но по историческим причинам не равнозначен ему.

-c

--clean

Удалить (DROP) объекты базы данных, прежде чем пересоздавать их. (Без дополнительного указания --if-exists при этом могут выдаваться безвредные сообщения об ошибках, если таких объектов не окажется в целевой базе данных.)

-C

--create

Создать базу данных, прежде чем восстанавливать данные. Если также указан параметр --clean, удалить и пересоздать целевую базу данных перед подключением к ней.

С ключом --create программа pg_restore также восстанавливает комментарий к базе данных (если он задан) и все назначения переменных конфигурации, связанные с базой данных, то есть

все команды ALTER DATABASE ... SET ... и ALTER ROLE ... IN DATABASE ... SET ..., ссылающиеся на эту базу данных. Также восстанавливаются права доступа к самой базе данных, если не добавлен ключ `--no-acl`.

С этим параметром база, заданная параметром `-d`, применяется только для подключения и выполнения начальных команд DROP DATABASE и CREATE DATABASE. Все данные восстанавливаются в базу данных, имя которой записано в архиве.

`-d имя_бд`
`--dbname=имя_бд`

Подключиться к базе данных *имя_базы* и восстановить данные непосредственно в неё.

`-e`
`--exit-on-error`

Завершать работу в случае возникновения ошибки при выполнении команд SQL в базе данных. По умолчанию процесс восстановления продолжается, а по его окончании выдаётся число ошибок.

`-f имя_файла`
`--file=имя_файла`

Задаёт файл для вывода сгенерированного скрипта или списка объектов, полученного с параметром `-l`. По умолчанию используется стандартный вывод.

`-F format`
`--format=format`

Задаёт формат архива. Указывать формат необязательно, так как pg_restore определяет формат автоматически. Но если формат задаётся, допускается один из этих вариантов:

`c`
`custom`

Архив сохранён в специальном формате pg_dump.

`d`
`directory`

Архив сохранён в каталоге.

`t`
`tar`

Архив сохранён в формате tar.

`-I индекс`
`--index=индекс`

Восстановить определение только заданного индекса. Добавив дополнительные ключи `-I`, можно указать несколько индексов.

`-j число-заданий`
`--jobs=число-заданий`

Запустить наиболее длительные операции pg_restore (в частности, загрузку данных, создание индексов или ограничений) в нескольких параллельных заданиях. Это позволяет кардинально сократить время восстановления большой базы данных, когда сервер работает на многопроцессорном компьютере.

Каждое задание выполняется в отдельном задании или потоке, в зависимости от операционной системы, и использует отдельное подключение к серверу.

Оптимальное значение этого параметра зависит от аппаратной конфигурации сервера, клиента и сети. В частности, имеет значение количество процессорных ядер и устройство дискового хранилища. В качестве начального значения можно выбрать число ядер на сервере, но и при увеличении этого значения во многих случаях восстановление будет быстрее. Конечно, при слишком больших значениях производительность упадёт из-за перегрузки.

Этот параметр поддерживается только с архивом в специальном формате или в каталоге. Входные данные должны поступать из обычного файла или каталога (а не, например из канала ввода). Данный параметр игнорируется, когда генерируется скрипт (нет прямого подключения к базе данных). Кроме того, несколько заданий не могут выполняться в сочетании с параметром `--single-transaction`.

```
-l
--list
```

Вывести оглавление архива. Вывод этой операции можно подать на вход этой же команде с параметром `-L`. Учтите, что когда вместе с `-l` применяются параметры фильтрации (например, `-n` или `-t`), они сокращают список выводимых объектов.

```
-L файл-список
--use-list=файл-список
```

Восстановить из архива только элементы, перечисленные в *файле-списке*, и в том порядке, в каком они идут в этом файле. Заметьте, что когда вместе с `-L` применяются параметры фильтрации (например, `-n` или `-t`), они дополнительно ограничивают восстанавливаемые объекты.

Данный *файл-список* обычно представляет собой отредактированный результат предыдущей операции `-l`. Строки в нём могут быть переставлены или удалены, а также могут быть закомментированы точкой с запятой (;), добавленной в начале строки. См. примеры ниже.

```
-n схема
--schema=схема
```

Восстановить только объекты в указанной схеме. Добавив дополнительные ключи `-n`, можно указать несколько схем. Этот параметр можно сочетать с `-t`, чтобы восстановить только определённую таблицу.

```
-N схема
--exclude-schema=схема
```

Не восстанавливать объекты в указанной схеме. Добавив дополнительные ключи `-N`, можно исключить несколько схем.

Когда и с ключом `-n`, и с ключом `-N` передаётся имя одной схемы, ключ `-N` выигрывает и схема исключается.

```
-O
--no-owner
```

Не генерировать команды, устанавливающие владение объектами, как в исходной базе данных. По умолчанию, `pg_restore` генерирует команды `ALTER OWNER` или `SET SESSION AUTHORIZATION`, восстанавливающие исходных владельцев создаваемых элементов схемы. Однако эти команды можно будет выполнить, только если к базе данных первоначально подключается суперпользователь (или пользователь, владеющими всеми объектами в скрипте). Чтобы получить скрипт, который сможет восстановить любой подключающийся пользователь (но при этом он станет владельцем всех созданных объектов), используется `-O`.

```
-P имя-функции(тип-аргумента[, ...])
--function=имя-функции(тип-аргумента[, ...])
```

Восстановить только указанную функцию. При этом важно записать имя функции и аргументы в точности так, как они фигурируют в оглавлении файла архива. Добавив дополнительные ключи `-P`, можно указать несколько функций.

`-R`
`--no-reconnect`

Параметр является устаревшим, но в целях совместимости ещё работает.

`-s`
`--schema-only`

Восстановить только схему (определения данных), без данных, в объёме, в котором элементы схемы представлены в архиве.

Действие параметра противоположно действию `--data-only`. Это похоже на указание `--section=pre-data --section=post-data`, но по историческим причинам не равнозначно ему.

(Не путайте этот параметр с `--schema`, где слово «схема» используется в другом значении.)

`-S имя_пользователя`
`--superuser=имя_пользователя`

Задаёт имя суперпользователя, полномочия которого будут использоваться для отключения триггеров. Этот параметр применяется только с параметром `--disable-triggers`.

`-t таблица`
`--table=таблица`

Восстановить определение и/или данные только указанной таблицы. В этом контексте под «таблицей» подразумеваются также представления, материализованные представления, последовательности и сторонние таблицы. Чтобы выбрать несколько таблиц, ключ `-t` можно указать несколько раз. Этот параметр можно скомбинировать с `-n`, чтобы выбрать таблицу(ы) в определённой схеме.

Примечание

Когда указывается `-t`, `pg_restore` не пытается восстанавливать объекты базы данных, от которых могут зависеть выбранные таблицы. Таким образом, в этом случае не гарантируется, что выгруженные таблицы будут успешно восстановлены в чистой базе данных.

Примечание

Этот флаг действует не совсем так, как флаг `-t` утилиты `pg_dump`. В настоящее время `pg_restore` не поддерживает выбор объектов по маске, а также не позволяет указать имя схемы с `-t`. И хотя `pg_dump` с флагом `-t` также выгружает подчинённые объекты (например, индексы) выбранных таблиц, `pg_restore` с флагом `-t` такие подчинённые объекты не обрабатывает.

Примечание

В версиях PostgreSQL до 9.6 этот флаг выбирал только таблицы, но не другие типы отношений.

`-T триггер`
`--trigger=триггер`

Восстановить только указанный триггер. Добавив дополнительные ключи `-T`, можно указать несколько триггеров.

`-v`
`--verbose`

Включает режим подробных сообщений.

`-V`
`--version`

Сообщить версию pg_restore и завершиться.

`-x`
`--no-privileges`
`--no-acl`

Не восстанавливать права доступа (не выполнять команды GRANT/REVOKE).

`-1`
`--single-transaction`

Произвести восстановление в одной транзакции (то есть, завернуть выполняемые команды в BEGIN/COMMIT). При этом гарантируется, что либо все команды будут выполнены успешно, либо не будет никаких изменений. Этот режим подразумевает `--exit-on-error`.

`--disable-triggers`

Этот параметр действует только при выгрузке одних данных. С ним pg_restore выполняет команды, отключающие триггеры в целевых таблицах на время загрузки данных. Используйте его, если в ваших таблицах определены проверки ссылочной целостности или другие триггеры, которые вы не хотели бы выполнять в процессе загрузки данных.

В настоящее время команды, генерируемые с `--disable-triggers`, должны выполняться суперпользователем. Поэтому необходимо также задать имя суперпользователя в параметре `-s` или, что предпочтительнее, запускать pg_restore от имени суперпользователя PostgreSQL.

`--enable-row-security`

Этот параметр имеет смысл только при восстановлении содержимого таблицы, для которой включена защита строк. По умолчанию pg_restore устанавливает для row_security значение off для уверенности, что в таблице восстановлены все данные. Если у пользователя недостаточно прав для обхода защиты строк, выдаётся ошибка. Этот параметр указывает pg_restore установить в row_security значение on, чтобы пользователь мог попытаться восстановить содержимое таблицы с включённой защитой строк. Однако и при этом возможна ошибка, если пользователь не будет иметь права добавлять в эту таблицу выгруженные строки данных.

Заметьте, что в настоящее время для этого требуется, чтобы выгрузка выполнялась в режиме INSERT, так как COPY FROM не поддерживает защиту строк.

`--if-exists`

При удалении объектов базы использовать условные команды (то есть добавлять предложение IF EXISTS). Применяется только с параметром `--clean`.

`--no-comments`

Не выводить команды, восстанавливающие комментарии, даже если они содержатся в архиве.

`--no-data-for-failed-tables`

По умолчанию данные восстанавливаются даже при ошибке команды создания таблицы (например, когда она уже существует). С этим параметром данные в таком случае не восстанавливаются. Это поведение полезно, если в целевой таблице уже содержатся нужные данные. Например, вспомогательные таблицы для расширений PostgreSQL (в частности, PostGIS) могут быть уже заполнены; этот параметр позволяет предотвратить дублирование или загрузку устаревших данных в эти таблицы.

Этот параметр действует только при восстановлении непосредственно в базу данных (не при генерации SQL-скрипта).

`--no-publications`

Не выводить команды, восстанавливающие публикации, даже если они содержатся в архиве.

`--no-security-labels`

Не выводить команды, восстанавливающие метки безопасности, даже если они содержатся в архиве.

`--no-subscriptions`

Не выводить команды, восстанавливающие подписки, даже если они содержатся в архиве.

`--no-tablespaces`

Не формировать команды для указания табличных пространств. Все объекты будут создаваться в табличном пространстве по умолчанию.

`--section=имя секции`

Восстановить только указанный раздел. В качестве имени раздела можно задать `pre-data`, `data` или `post-data`. Указав этот параметр неоднократно, можно выбрать несколько разделов. По умолчанию восстанавливаются все разделы.

Раздел «`data`» содержит собственно данные таблиц и определения больших объектов. В разделе «`post-data`» содержатся определения индексов, триггеров, правил и ограничений (кроме отдельно проверяемых). Раздел «`pre-data`» содержит все остальные определения.

`--strict-names`

Требует, чтобы каждому указанию схемы (`-n/--schema`) и таблицы (`-t/--table`) соответствовала минимум одна схема/таблица в файле резервной копии.

`--use-set-session-authorization`

Выводить команды `SET SESSION AUTHORIZATION`, соответствующие стандарту, вместо `ALTER OWNER`, для назначения владельцев объектов. В результате выгруженный скрипт будет более стандартизированным, но может не восстановиться корректно, в зависимости от истории объектов.

`-?`

`--help`

Показать справку по аргументам командной строки `pg_restore` и завершиться.

`pg_restore` также принимает в качестве параметров соединения следующие аргументы командной строки:

`-h сервер`

`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета. Значение по умолчанию берётся из переменной окружения `PGHOST`, если она установлена. В противном случае выполняется подключение к Unix-сокету.

`-p порт`

`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной окружения `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции.

```
-U имя_пользователя  
--username=имя_пользователя
```

Имя пользователя, под которым производится подключение.

```
-w  
--no-password
```

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

```
-W  
--password
```

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `pg_restore` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `pg_restore` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

```
--role=имя роли
```

Задаёт имя роли, которая будет осуществлять восстановление. Получив это имя, `pg_restore` выполнит `SET ROLE имя_роли` после подключения к базе данных. Это полезно, когда проходящий проверку пользователь (указанный в `-U`) не имеет прав, необходимых для `pg_restore`, но может переключиться на роль, наделённую этими правами. В некоторых окружениях правила запрещают подключаться к серверу непосредственно суперпользователю, и этот параметр позволит выполнить восстановление, не нарушая их.

Переменные окружения

```
PGHOST  
PGOPTIONS  
PGPORT  
PGUSER
```

Параметры подключения по умолчанию

Как и большинство других утилит PostgreSQL, эта утилита также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14). Однако она не учитывает `PGDATABASE`, когда имя базы не указано.

Диагностика

Когда с параметром `-d` устанавливается прямое подключение к базе данных, `pg_restore` выполняет обычные операторы SQL. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека `libpq`. Если вы сталкиваетесь с проблемами при запуске `pg_restore`, убедитесь в том, что вы можете получить информацию из базы данных, используя, например `psql`.

Замечания

Если в вашей инсталляции база данных `template1` содержит какие-либо дополнения, важно убедиться в том, что вывод `pg_restore` загружается в действительно пустую базу; иначе вы, скорее всего, получите ошибки из-за дублирования определений создаваемых объектов. Чтобы получить пустую базу данных без дополнительных объектов, выберите в качестве шаблона `template0`, а не `template1`, например так:

```
CREATE DATABASE foo WITH TEMPLATE template0;
```


Ограничения `pg_restore` описаны ниже.

- При восстановлении данных в уже существующие таблицы с параметром `--disable-triggers`, `pg_restore` выполняет команды, отключающие триггеры в пользовательских таблицах до добавления данных, а затем, после добавления данных, выполняет команды, снова включающие эти триггеры. Если восстановление прервётся в середине, системные каталоги могут оказаться в некорректном состоянии.
- Утилита `pg_restore` не способна восстанавливать большие объекты избирательно; например, только для определённой таблицы. Если архив содержит большие объекты, они будут восстановлены все, либо не будут восстановлены никакие (если они были исключены параметрами `-L`, `-t` и т. п.).

Также обратитесь к документации `pg_dump`, чтобы узнать о связанных ограничениях `pg_dump`.

После восстановления имеет смысл запустить `ANALYZE` для каждой восстановленной таблицы, чтобы оптимизатор получил актуальную статистику; за дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 24.1.3 и Подразделу 24.1.6.

Примеры

Предположим, что мы выгрузили базу данных `mydb` в файл специального формата:

```
$ pg_dump -Fc mydb > db.dump
```

Мы можем удалить базу данных и восстановить её из копии:

```
$ dropdb mydb
$ pg_restore -C -d postgres db.dump
```

В аргументе `-d` можно указать любую базу данных, существующую в кластере; `pg_restore` использует её, только чтобы выполнить команду `CREATE DATABASE` для базы `mydb`. С параметром `-C` данные всегда восстанавливаются в базу, имя которой записано в файле архива.

Восстановить данные в новую базу `newdb` можно так:

```
$ createdb -T template0 newdb
$ pg_restore -d newdb db.dump
```

Обратите внимание, мы не используем параметр `-C`, а вместо этого подключаемся непосредственно к базе, в которую хотим восстановить данные. Также заметьте, что мы создаём базу данных из шаблона `template0`, а не `template1`, чтобы изначально она была гарантированно пустой.

Чтобы переупорядочить элементы базы данных, сначала необходимо получить оглавление архива:

```
$ pg_restore -l db.dump > db.list
```

Файл оглавления содержит заголовок и по одной строке для каждого элемента, например:

```
;
; Archive created at Mon Sep 14 13:55:39 2009
;   dbname: DBDEMOS
;   TOC Entries: 81
;   Compression: 9
;   Dump Version: 1.10-0
;   Format: CUSTOM
;   Integer: 4 bytes
;   Offset: 8 bytes
;   Dumped from database version: 8.3.5
;   Dumped by pg_dump version: 8.3.8
;
;
; Selected TOC Entries:
;
```

```
3; 2615 2200 SCHEMA - public pasha
1861; 0 0 COMMENT - SCHEMA public pasha
1862; 0 0 ACL - public pasha
317; 1247 17715 TYPE public composite pasha
319; 1247 25899 DOMAIN public domain0 pasha
```

С точки с запятой начинаются комментарии, а число в начале строки обозначает внутренний идентификатор, назначаемый каждому элементу в архиве.

Строки в этом файле можно закомментировать, удалить или переместить. Например, список:

```
10; 145433 TABLE map_resolutions postgres
;2; 145344 TABLE species postgres
;4; 145359 TABLE nt_header postgres
6; 145402 TABLE species_records postgres
;8; 145416 TABLE ss_old postgres
```

можно передать утилите `pg_restore`, чтобы восстановить только элементы 10 и 6 в указанном порядке:

```
$ pg_restore -L db.list db.dump
```

См. также

`pg_dump`, `pg_dumpall`, `psql`

psql

psql — интерактивный терминал PostgreSQL

Синтаксис

```
psql [параметр...] [имя_бд [имя_пользователя]]
```

Описание

Программа psql — это терминальный клиент для работы с PostgreSQL. Она позволяет интерактивно вводить запросы, передавать их в PostgreSQL и видеть результаты. Также запросы могут быть получены из файла или из аргументов командной строки. Кроме того, psql предоставляет ряд метакоманд и различные возможности, подобные тем, что имеются у командных оболочек, для облегчения написания скриптов и автоматизации широкого спектра задач.

Параметры

```
-a  
--echo-all
```

Отправляет на стандартный вывод все непустые входные строки по мере их чтения. (Это не относится к строкам, считанным в интерактивном режиме.) Эквивалентно установке переменной ECHO в значение all.

```
-A  
--no-align
```

Переключение на невыровненный режим вывода. (По умолчанию, наоборот, используется выровненный режим вывода.) Равнозначно команде \pset format unaligned.

```
-b  
--echo-errors
```

Посылает все команды SQL с ошибками на стандартный вывод. Равнозначно присвоению переменной ECHO значения errors.

```
-c команда  
--command=команда
```

Передаёт psql команду для выполнения. Этот ключ можно повторять и комбинировать в любом порядке с ключом -f. Когда указывается -c или -f, psql не читает команды со стандартного ввода; вместо этого она завершается сразу после обработки всех ключей -c и -f по порядку.

Заданная команда должна быть либо командной строкой, которая полностью интерпретируется сервером (т. е. не использует специфические функции psql), либо одиночной командой с обратной косой чертой. Таким образом, используя -c, нельзя смешивать метакоманды SQL и psql. Но это можно сделать, передав несколько ключей -c или передав строку в psql через канал:

```
psql -c '\x' -c 'SELECT * FROM foo;'
```

или

```
echo '\x \ SELECT * FROM foo;' | psql
```

(\ — разделитель метакоманд.)

Каждая строка SQL-команд, заданная ключом -c, передаётся на сервер как один запрос. Поэтому сервер выполняет её в одной транзакции, даже когда эта строка содержит несколько

команд SQL, если только в ней не содержатся явные команды `BEGIN/COMMIT`, разделяющие её на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 53.2.2.1.) Кроме того, `psql` печатает результат только последней SQL-команды в строке. Это отличается от поведения, когда та же строка считывается из файла или подаётся на стандартный ввод `psql`, так как в последнем случае `psql` передаёт каждую команду SQL отдельно.

Из-за такого поведения указание нескольких SQL-команд в одной строке `-с` часто приводит к неожиданным результатам. Поэтому лучше использовать несколько ключей `-с` или подавать команды на стандартный ввод `psql`, применяя либо `echo`, как показано выше, либо создаваемый прямо в оболочке текст, например:

```
psql <<EOF
\х
SELECT * FROM foo;
EOF
```

```
-d имя_бд
--dbname=имя_бд
```

Указывает имя базы данных для подключения. Эквивалентно указанию *dbname* в качестве первого аргумента, не являющегося параметром в командной строке.

Если этот параметр содержит знак `=` или начинается с допустимого префикса URI (`postgresql://` или `postgres://`), он воспринимается как строка *conninfo*. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 34.1.1.

```
-e
--echo-queries
```

Посылает все команды SQL, отправленные на сервер, ещё и на стандартный вывод. Эквивалентно установке переменной `ECHO` в значение `queries`.

```
-E
--echo-hidden
```

Отображает фактические запросы, генерируемые `\d` и другими командами, начинающимися с `\`. Это можно использовать для изучения внутренних операций в `psql`. Эквивалентно установке переменной `ECHO_HIDDEN` значения `on`.

```
-f имя_файла
--file=имя_файла
```

Читает команды из файла *имя_файла*, а не из стандартного ввода. Этот ключ можно повторять и комбинировать в любом порядке с ключом `-с`. Если указан ключ `-с` или `-f`, программа `psql` не читает команды со стандартного ввода; вместо этого она завершается после обработки всех ключей `-с` и `-f` по очереди. Не считая этого, данный ключ по большому счёту равнозначен метакоманде `\i`.

Если *имя_файла* задано символом `-` (минус), считывается стандартный ввод до признака конца файла или до метакоманды `\q`. Это позволяет перемежать интерактивный ввод с вводом из файлов. Однако заметьте, что `Readline` в этом случае не применяется (так же, как и с ключом `-n`).

Использование этого параметра немного отличается от `psql < filename`. В основном, оба варианта будут делать то, что вы ожидаете, но с `-f` доступны некоторые полезные свойства, такие как сообщения об ошибках с номерами строк. Также есть небольшая вероятность, что запуск в таком режиме будет быстрее. С другой стороны, вариант с перенаправлением ввода из командного интерпретатора (в теории) гарантирует получение точно такого же вывода, какой вы получили бы, если бы ввели всё вручную.

`-F separator`
`--field-separator=separator`

Использование *separator* в качестве разделителя полей при невыровненном режиме вывода. Эквивалентно `\pset fieldsep` или `\f`.

`-h компьютер`
`--host=компьютер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-H`
`--html`

Включает табличный вывод в формате HTML. Эквивалентно `\pset format html` или команде `\H`.

`-l`
`--list`

Выводит список всех доступных баз данных и завершает работу. Другие параметры, не связанные с соединением, игнорируются. Это похоже на метакоманду `\list`.

Когда используется этот аргумент, `psql` будет подключаться к базе данных `postgres`, если только в командной строке не задана другая база данных (в параметре `-d` или не через параметры, а, например, через запись службы, но не через переменную окружения).

`-L имя_файла`
`--log-file=имя_файла`

В дополнение к обычному выводу, записывает вывод результатов всех запросов в файл *filename*.

`-n`
`--no-readline`

Отключает использование Readline для редактирования командной строки и использования истории команд. Может быть полезно для выключения расширенных действий клавиши табуляции при вырезании и вставке.

`-o имя_файла`
`--output=имя_файла`

Записывает вывод результатов всех запросов в файл *filename*. Эквивалентно команде `\o`.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения. Значение по умолчанию определяется переменной среды `PGPORT`, если она установлена, либо числом, заданным при компиляции, обычно 5432.

`-P assignment`
`--pset=assignment`

Задаёт параметры печати, в стиле команды `\pset`. Обратите внимание, что имя параметра и значение разделяются знаком равенства, а не пробела. Например, чтобы установить формат вывода в LaTeX, нужно написать `-P format=latex`.

`-q`
`--quiet`

Указывает, что `psql` должен работать без вывода дополнительных сообщений. По умолчанию, выводятся приветствия и различные информационные сообщения. Этого не произойдёт с ис-

пользованием данного параметра. Полезно вместе с параметром `-c`. Этот же эффект можно получить, установив для переменной `QUIET` значение `on`.

```
-R separator
--record-separator=separator
```

Использовать *разделитель* как разделитель записей при невыровненном режиме вывода. Равнозначно команде `\pset recordsep`.

```
-s
--single-step
```

Запуск в пошаговом режиме. Это означает, что пользователь будет подтверждать выполнение каждой команды, отправляемой на сервер, с возможностью отменить выполнение. Используется для отладки скриптов.

```
-S
--single-line
```

Запуск в однострочном режиме, при котором символ новой строки завершает SQL-команды, также как это делает точка с запятой.

Примечание

Этот режим реализован для тех, кому он нужен, но это не обязательно означает, что и вам нужно его использовать. В частности, если смешивать в одной строке команды SQL и метакоманды, порядок их выполнения может быть не всегда понятен для неопытного пользователя.

```
-t
--tuples-only
```

Отключает вывод имён столбцов и результирующей строки с количеством выбранных записей. Равнозначно команде `\t` или `\pset tuples_only`.

```
-T table_options
--table-attr=table_options
```

Задаёт атрибуты, которые будут вставлены в тег HTML `table`. За подробностями обратитесь к описанию `\pset tableattr`.

```
-U имя_пользователя
--username=имя_пользователя
```

Подключение к базе данных под пользователем *username* вместо используемого по умолчанию. (Разумеется, при наличии прав на это.)

```
-v assignment
--set=assignment
--variable=assignment
```

Выполняет присвоение значения переменной, как метакоманда `\set`. Обратите внимание, что необходимо разделить имя переменной и значение (при наличии) знаком равенства в командной строке. Чтобы сбросить переменную, оставьте имя переменной без знака равенства. Чтобы установить пустое значение, добавьте знак равенства, но опустите значение. Эти присваивания выполняются во время обработки командной строки, так что переменные, отражающие состояние соединения, будут перезаписаны позже.

```
-V
--version
```

Выводит версию `psql` и завершает работу.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всей сессии и, таким образом, влияет на метакоманду `\connect`, также как и на первую попытку соединения.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `psql` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `psql` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Обратите внимание, что этот параметр действует на протяжении всей сессии и, таким образом, влияет на метакоманду `\connect`, также как и на первую попытку соединения.

`-x`
`--expanded`

Включает режим развёрнутого вывода таблицы. Равнозначно команде `\x` или `\pset expanded`.

`-X,`
`--no-psqlrc`

Не читать стартовые файлы (ни общесистемный файл `psqlrc`, ни пользовательский файл `~/.psqlrc`).

`-z`
`--field-separator-zero`

Установить нулевой байт в качестве разделителя полей для невыровненного режима вывода. Равнозначно команде `\pset fieldsep_zero`.

`-0`
`--record-separator-zero`

Установить нулевой байт в качестве разделителя записей для невыровненного режима вывода. Это полезно при взаимодействии с другими программами, например, с `xargs -0`. Равнозначно команде `\pset recordsep_zero`.

`-1`
`--single-transaction`

Этот параметр может применяться только в сочетании с одним или несколькими параметрами `-c` и/или `-f`. С ним `psql` выполняет команду `BEGIN` перед обработкой первого такого параметра и `COMMIT` после последнего, заворачивая таким образом все команды в одну транзакцию. Это гарантирует, что либо все команды завершатся успешно, либо никакие изменения не сохранятся.

Если в самих этих командах содержатся операторы `BEGIN`, `COMMIT` или `ROLLBACK`, этот параметр не даст желаемого эффекта. Кроме того, если какая-либо отдельная команда не может выполняться внутри блока транзакции, с этим параметром вся транзакция прервётся с ошибкой.

`-?`
`--help[=тема]`

Показать справку по `psql` и завершиться. Необязательный параметр *тема* (по умолчанию `options`) выбирает описание интересующей части `psql`: `commands` описывает команды `psql` с об-

ратной косой чертой; `options` описывает параметры командной строки, которые можно передать `psql`; `a variables` выдаёт справку по переменным конфигурации `psql`.

Код завершения

При нормальном завершении `psql` возвращает 0 в командную оболочку ОС, 1 — если произошла фатальная ошибка в самом `psql` (например, нехватка памяти, файл не найден), 2 — при неудачном соединении с сервером неинтерактивного сеанса, 3 — при ошибке в скрипте и установленной переменной `ON_ERROR_STOP`.

Использование

Подключение к базе данных

`psql` это клиент для PostgreSQL. Для подключения к базе данных нужно знать имя базы данных, имя сервера, номер порта сервера и имя пользователя, под которым вы хотите подключиться. Эти свойства можно задать через аргументы командной строки, а именно `-d`, `-h`, `-p` и `-U` соответственно. Если в командной строке есть аргумент, который не относится к параметрам `psql`, то он используется в качестве имени базы данных (или имени пользователя, если база данных уже задана). Задавать все эти аргументы необязательно, у них есть разумные значения по умолчанию. Если опустить имя сервера, `psql` будет подключаться через Unix-сокеты к локальному серверу, либо подключаться к `localhost` по TCP/IP в системах, не поддерживающих UNIX-сокеты. Номер порта по умолчанию определяется во время компиляции. Поскольку сервер базы данных использует то же значение по умолчанию, чаще всего указывать номер порта не нужно. Имя пользователя по умолчанию, как и имя базы данных по умолчанию, совпадает с именем пользователя в операционной системе. Заметьте, что просто так подключаться к любой базе данных под любым именем пользователя вы не сможете. Узнать о ваших правах можно у администратора баз данных.

Если значения по умолчанию не подходят, можно сэкономить на вводе параметров подключения, установив переменные среды `PGDATABASE`, `PGHOST`, `PGPORT` и/или `PGUSER`. (Другие переменные среды описаны в Разделе 34.14.) Также удобно иметь файл `~/.pgpass`, чтобы не вводить пароли снова и снова. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.15.

Альтернативный вариант указания параметров подключения — использование строки `conninfo` или URI вместо имени базы данных. Этот механизм даёт широкие возможности для управления соединением. Например:

```
$ psql "service=myservice sslmode=require"
$ psql postgresql://dbmaster:5433/mydb?sslmode=require
```

Этот способ также позволяет использовать LDAP для получения параметров подключения, как описано в Разделе 34.17. Более полно все имеющиеся параметры соединения описаны в Подразделе 34.1.2.

Если соединение не может быть установлено по любой причине (например, нет прав, сервер не работает и т. д.), `psql` вернёт ошибку и прекратит работу.

Если и стандартный ввод, и стандартный вывод являются терминалом, то `psql` установит кодировку клиента в «auto», и подходящая клиентская кодировка будет определяться из локальных установок (переменная окружения `LC_TYPE` в Unix). Если это работает не так, как ожидалось, кодировку клиента можно изменить, установив переменную окружения `PGCLIENTENCODING`.

Ввод SQL-команд

Как правило, приглашение `psql` состоит из имени базы данных, к которой `psql` в данный момент подключён, а затем строки `=>`. Например:

```
$ psql testdb
psql (11.1)
Type "help" for help.

testdb=>
```


В командной строке пользователь может вводить команды SQL. Обычно введенные строки отправляются на сервер, когда встречается точка с запятой, завершающая команду. Конец строки не завершает команду. Это позволяет разбивать команды на несколько строк для лучшего понимания. Если команда была отправлена и выполнена без ошибок, то результат команды выводится на экран.

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Для этого можно добавить `options=-csearch_path=` в строку подключения или выполнить команду `SELECT pg_catalog.set_config('search_path', '', false)` перед другими командами SQL. Это касается не только psql, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

При каждом выполнении команды psql также проверяет асинхронные уведомления о событиях, генерируемые командами `LISTEN` и `NOTIFY`.

Комментарии в стиле C передаются для обработки на сервер, в то время как комментарии в стандарте SQL psql удаляет перед отправкой.

Метакоманды

Всё, что вводится в psql не взятое в кавычки и начинающееся с обратной косой черты, является метакомандой psql и обрабатывается самим psql. Эти команды делают psql полезным для задач администрирования и разработки скриптов.

Формат команды psql следующий: обратная косая черта, сразу за ней команда, затем аргументы. Аргументы отделяются от команды и друг от друга любым количеством пробелов.

Чтобы включить пробел в значение аргумента, нужно заключить его в одинарные кавычки. Чтобы включить одинарную кавычку в значение аргумента, нужно написать две одинарные кавычки внутри текста в одинарных кавычках. Всё, что содержится в одинарных кавычках подлежит замене, принятым в языке C: `\n` (новая строка), `\t` (табуляция), `\b` (backspace), `\r` (возврат каретки), `\f` (подача страницы), `\цифры` (восьмеричное число), и `\хцифры` (шестнадцатеричное число). Если внутри текста в одинарных кавычках встречается обратная косая перед любым другим символом, то она экранирует этот символ.

Если внутри аргумента не в кавычках встречается имя переменной psql с предшествующим двоеточием (:), оно заменяется значением переменной, как описано в Подразделе «Интерполяция SQL». Также будут работать описанные там формы `: 'имя_переменной'` и `: "имя_переменной"`. Конструкция `: { ?имя_переменной }` позволяет проверить, определена ли переменная. Она заменяется значением `TRUE` или `FALSE`. Экранирование обратной косой чертой защищает двоеточие от замены.

Текст аргумента, заключённый в обратные кавычки (```), считается командной строкой, которая передаётся в командную оболочку ОС. Вывод от этой команды (с удалёнными в конце символами новой строки) заменяет текст в обратных кавычках. В содержимом этого текста не обрабатываются никакие спецпоследовательности или особые знаки, за исключением того, что все вхождения `: имя_переменной`, где `имя_переменной` — это имя переменной psql, заменяются значением этой переменной. Также вхождения `: 'имя_переменной'` заменяются значением переменной, заключённым в апострофы с тем, что это было одним аргументом команды оболочки. (Последняя форма почти всегда более предпочтительна, если только вы не абсолютно точно знаете, чего ожидать в переменной.) Так как символы перевода строки и возврата каретки могут быть надёжно экранированы не на всех платформах, форма `: 'variable_name'` выводит сообщение об ошибке и подстановка значения переменной не производится, когда это значение содержит такие символы.

Некоторые команды принимают идентификатор SQL (например, имя таблицы) в качестве аргумента. Такие аргументы следуют правилам синтаксиса SQL: буквы, не взятые в кавычки, преобразуются в нижний регистр, буквы, взятые в двойные кавычки (") предотвращают преобразование регистра и позволяют включать пробелы в идентификатор. Внутри двойных кавычек две двойные кавычки сокращаются до одной. Например, `FOO"BAR"BAZ` интерпретируется как `fooBARbaz`, а `"A weird" name"` становится `A weird name`.

Разбор аргументов останавливается в конце строки или когда встречается другая обратная косая черта, не внутри кавычек. Обратная косая не внутри кавычек рассматривается как начало новой метакоманды. Специальная последовательность `\\` (две обратных косых черты) обозначает окончание аргументов, далее продолжается разбор команд SQL, если таковые имеются. Таким образом, команды SQL и psql можно свободно смешивать на одной строке. Но в любом случае, аргументы метакоманды не могут выходить за пределы текущей строки.

Многие из метакоманд оперируют с *буфером текущего запроса*. Этот буфер содержит произвольный текст команд SQL, который был введён, но ещё не отправлен серверу для выполнения. В него будут входить и предыдущие строки, а также текст, расположенный в строке метакоманды перед ней.

Определены следующие метакоманды:

`\a`

Если текущий режим вывода таблицы невыровненный, то он переключается на выровненный режим. Если текущий режим выровненный, то устанавливается невыровненный. Эта команда поддерживается для обратной совместимости. См. `\pset` для более общего решения.

`\c` или `\connect` [`-reuse-previous=on/off`] [*имя_базы* [*имя_пользователя*] [*компьютер*] [*порт*] | *строка_подключения*]

Устанавливает новое подключение к серверу PostgreSQL. Параметры подключения можно указывать как позиционно (в показанном порядке), так и передавая аргумент *строка_подключения* (подробнее о строках подключения рассказывается в Подразделе 34.1.1).

Когда в команде опускается имя базы данных, пользователь, компьютер или порт, для нового подключения могут использоваться значения от предыдущего. По умолчанию значения от предыдущего подключения используются повторно, если только не указывается строка подключения (*строка_подключения*). Если передать в первом аргументе `-reuse-previous=on` или `-reuse-previous=off`, это поведение переопределяется. Когда в команде не задаётся или не используется повторно некоторый параметр, применяется значение по умолчанию, принятое в `libpq`. Указание в параметре *имя_базы*, *имя_пользователя*, *компьютер* или *порт* значения – равносильно опущению этого параметра.

Если новое подключение успешно установлено, предыдущее подключение закрывается. Если попытка подключения не удалась (неверное имя пользователя, доступ запрещён и т. д.), то предыдущее соединение останется активным, только если psql находится в интерактивном режиме. Если скрипт выполняется неинтерактивно, обработка немедленно останавливается с сообщением об ошибке. Различное поведение выбрано для удобства пользователя в качестве защиты от опечаток с одной стороны и в качестве меры безопасности, не позволяющей случайно запустить скрипты в неправильной базе, с другой.

Примеры:

```
=> \c mydb myuser host.dom 6432
=> \c service=foo
=> \c "host=localhost port=5432 dbname=mydb connect_timeout=10 sslmode=disable"
=> \c postgresql://tom@localhost/mydb?application_name=myapp
```

`\C` [*заголовок*]

Задаёт заголовок, который будет выводиться для результатов любых запросов или отменяет установленный ранее заголовок. Эта команда эквивалентна `\pset title title`. (Название этой команды происходит от «caption», так как ранее это использовалось только для задания заголовков HTML таблиц.)

`\cd` [*каталог*]

Заменяет текущий рабочий каталог на *directory*. Без аргумента устанавливается домашний каталог текущего пользователя.

Подсказка

для печати текущего рабочего каталога используйте `\! pwd`.

`\conninfo`

Выводит информацию о текущем подключении к базе данных.

```
\copy { таблица [ ( список_столбцов ) ] | ( запрос ) } { from | to } { 'имя_файла' |
program 'команда' | stdin | stdout | pstdin | pstdout } [ [ with ] ( параметр [, ...] ) ]
```

Производит копирование данных с участием клиента. При этом выполняется SQL-команда COPY, но вместо чтения или записи в файл на сервере, psql читает или записывает файл и пересылает данные между сервером и локальной файловой системой. Это означает, что для доступа к файлам используются привилегии локального пользователя, а не сервера, и не требуются привилегии суперпользователя SQL.

Когда указана `program`, psql выполняет `command` и данные из/в `command` передаются между сервером и клиентом. Это опять же означает, что для выполнения программ используются привилегии локального пользователя, а не сервера, и не требуются привилегии суперпользователя SQL.

При выполнении `\copy ... from stdin` строки с данными считываются из источника, выполнившего команду, и считываются до тех пор, пока не встретится `\.` или не будет достигнут конец файла. Этот параметр полезен для заполнения таблиц прямо в SQL-скриптах. При выполнении `\copy ... to stdout` вывод направляется в то же место, что и вывод psql команд. Статус команды COPY `count` не отображается, чтобы не перепутать со строкой данных. Для чтения/записи стандартного ввода/вывода psql, вне зависимости от источника текущей команды или параметра `\o`, используйте `from pstdin` или `to pstdout`.

Синтаксис команды похож на синтаксис SQL-команды COPY. Все параметры, кроме источника и получателя данных, задаются так же, как и в COPY. Поэтому при обработке метаконанды `\copy` применяются другие правила разбора. В отличие от большинства других метаконанд, для неё остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\copy`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

Подсказка

Эта операция не так эффективна, как SQL-команда COPY, потому что все данные перемещаются между клиентом и сервером. Для больших объёмов данных SQL-команда может быть предпочтительнее.

`\copyright`

Показывает информацию об авторских правах и условиях распространения PostgreSQL.

```
\crosstabview [ столбВ [ столбГ [ столбТ [ столбСортГ ] ] ] ]
```

Выполняет содержимое буфера текущего запроса (как `\g`) и показывает результат в виде перекрёстной таблицы. Заданный запрос должен возвращать минимум три столбца. Столбец результата, заданный параметром `столбВ`, будет образовывать вертикальные заголовки, а столбец, заданный параметром `столбГ`, — горизонтальные. Заданный параметром `столбТ` столбец будет поставлять данные для отображения внутри таблицы. Столбец, выбранный параметром `столбСортГ`, будет необязательным столбцом сортировки горизонтальных заголовков.

Каждое указание столбца может представлять собой имя или номер столбца (начиная с 1). К именам применяются обычные принятые в SQL правила учёта регистра и кавычек. По умолчанию в качестве `столбВ` подразумевается столбец 1, а в качестве `столбГ` — столбец 2. Если

столбВ и *столбГ* задаются явно, они должны различаться. Если *столбТ* не задан, в результате запроса должно быть ровно три столбца, и в качестве *столбТ* выбирается столбец, отличный от *столбВ* и *столбГ*.

Вертикальный заголовок, выводимый в самом левом столбце, содержит значения из столбца *столбВ*, в том же порядке, в каком их возвращает запрос, но без дубликатов.

Горизонтальный заголовок, выводимый в первой строке, содержит значения из столбца *столбГ*, без дубликатов. По умолчанию они располагаются в том порядке, в каком их возвращает запрос. Но если задан необязательный аргумент *столбСортГ*, он определяет столбец, который должен содержать целые числа, и тогда значения из *столбГ* будут располагаться в горизонтальном заголовке по порядку значений в *столбСортГ*.

Внутри перекрёстной таблицы для каждого уникального значения *x* в *столбГ* и каждого уникального значения *y* в *столбВ*, ячейка, размещённая на пересечении (*x*, *y*) содержит значение *столбТ* в строке результата запроса, в которой значение *столбГ* равно *x*, а значение *столбВ* — *y*. Если такой строки не находится, ячейка остаётся пустой. Если же находится несколько таких строк, выдаётся ошибка.

`\d[S+] [ шаблон ]`

Для каждого отношения (таблицы, представления, материализованного представления, индекса, последовательности, внешней таблицы) или составного типа, соответствующих *шаблону*, показывает все столбцы, их типы, табличное пространство (если оно изменено) и любые специальные атрибуты, такие как NOT NULL или значения по умолчанию. Также показываются связанные индексы, ограничения, правила и триггеры. Для сторонних таблиц также показывает связаный сторонний сервер. («Соответствие шаблону» определяется ниже в Подразделе «Шаблоны поиска».)

Для некоторых типов отношений `\d` показывает дополнительную информацию по каждому столбцу: значения столбца для последовательностей, индексируемые выражения для индексов и параметры обёртки сторонних данных для сторонних таблиц.

Вариант команды `\d+` похож на `\d`, но выводит больше информации: комментарии к столбцам таблицы, наличие в таблице OID, для представления показывается его определение, отличные от значений по умолчанию установки `replica identity`.

По умолчанию отображаются только объекты, созданные пользователем. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

Примечание

Если `\d` используется без аргумента *шаблон*, эта команда удобства ради воспринимается как `\dtvmsE` и выдаёт список всех видимых таблиц, представлений, мат. представлений, последовательностей и сторонних таблиц.

`\da[S] [ шаблон ]`

Выводит список агрегатных функций вместе с типом возвращаемого значения и типами данных, которыми они оперируют. Если указан *шаблон*, показываются только те агрегатные функции, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `S`.

`\dA[+] [ шаблон ]`

Выводит список методов доступа. Если указан *шаблон*, показываются только те методы доступа, имена которых соответствуют ему. При добавлении `+` к имени команды для каждого метода доступа показывается его описание и связанная функция-обработчик.

`\db[+] [ шаблон ]`

Выводит список табличных пространств. Если указан *шаблон*, показываются только те табличные пространства, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно выводятся параметры, объём на диске, права доступа и описание.

`\dc[S+] [ шаблон ]`

Выводит список преобразований между кодировками наборов символов. Если указан *шаблон*, показываются только те преобразования кодировок, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *S*. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\dC[+] [ шаблон ]`

Выводит список приведений типов. Если указан *шаблон*, показываются только те приведения типов, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\dd[S] [ шаблон ]`

Показывает описания объектов следующих видов: ограничение, класс операторов, семейство операторов, правило и триггер. Описания остальных объектов можно посмотреть соответствующими метакомандами для этих типов объектов.

`\dd` показывает описания для объектов, соответствующих *шаблону*, или для доступных объектов указанных типов, если аргументы не заданы. Но в любом случае выводятся только те объекты, которые имеют описание. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *S*.

Описания объектов создаются SQL-командой COMMENT.

`\dD[S+] [ шаблон ]`

Выводит список доменов. Если указан *шаблон*, показываются только те домены, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *S*. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будут выводиться права доступа и описание.

`\ddp [ шаблон ]`

Выводит список прав доступа по умолчанию. Выводится строка для каждой роли (и схемы, если применимо), для которой права доступа по умолчанию отличаются от встроенных. Если указан *шаблон*, выводятся строки только для тех ролей и схем, имена которых соответствуют ему.

Права доступа по умолчанию устанавливаются командой ALTER DEFAULT PRIVILEGES. Смысл отображаемых привилегий объясняется в описании GRANT.

`\dE[S+] [ шаблон ]`

`\di[S+] [ шаблон ]`

`\dm[S+] [ шаблон ]`

`\ds[S+] [ шаблон ]`

`\dt[S+] [ шаблон ]`

`\dv[S+] [ шаблон ]`

В этой группе команд буквы *E*, *i*, *m*, *S*, *t* и *v* обозначают соответственно: внешнюю таблицу, индекс, материализованное представление, последовательность, таблицу и представление. Можно указывать все или часть этих букв, в произвольном порядке, чтобы получить список объектов этих типов. Например, `\dit` выводит список индексов и таблиц. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будут выводиться физический размер на диске

и описание, при наличии. Если указан *шаблон*, выводятся только объекты, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*.

`\des[+] [ шаблон ]`

Выводит список сторонних серверов (мнемоника: «external servers»). Если указан *шаблон*, выводятся только те серверы, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\des+`, то выводится полное описание каждого сервера, включая права доступа, тип, версию, параметры и описание.

`\det[+] [ шаблон ]`

Выводит список сторонних таблиц (мнемоника: «external tables»). Если указан *шаблон*, выводятся только те записи, имя таблицы или схемы которых соответствуют ему. Если используется форма `\det+`, то дополнительно выводятся общие параметры и описание сторонней таблицы.

`\deu[+] [ шаблон ]`

Выводит список сопоставлений пользователей (мнемоника: «external users»). Если указан *шаблон*, выводятся только сопоставления, в которых имена пользователей соответствуют ему. Если используется форма `\deu+`, то выводится дополнительная информация о каждом сопоставлении пользователей.

Внимание

`\deu+` также может отображать имя и пароль удалённого пользователя, поэтому следует позаботиться о том, чтобы не раскрывать их.

`\dew[+] [ шаблон ]`

Выводит список обёрток сторонних данных (мнемоника: «external wrappers»). Если указан *шаблон*, выводятся только те обёртки сторонних данных, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dew+`, то дополнительно выводятся права доступа, параметры и описание обёртки.

`\df[anptwS+] [ шаблон ]`

Выводит список функций с типами данных их результатов, аргументов и классификацией: «agg» (агрегатная), «normal», (обычная), «procedure» (процедурная), «trigger» (триггерная) или «window» (оконная). Чтобы получить функции только определённого вида (видов), добавьте в команду соответствующие буквы *a*, *n*, *p*, *t* или *w*. Если задан *шаблон*, показываются только те функции, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только функции, созданные пользователями; для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*. Если используется форма `\df+`, то дополнительно выводятся характеристики каждой функции: изменчивость, допустимость распараллеливания, владелец, классификация по безопасности, права доступа, язык, исходный код и описание.

Подсказка

Чтобы найти функции с аргументами или возвращаемыми значениями определённого типа данных, воспользуйтесь имеющейся в постраничнике возможностью поиска в выводе `\df`.

`\dF[+] [ шаблон ]`

Выводит список конфигураций текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только те конфигурации, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dF+`, то выводится полное описание для каждой конфигурации, включая базовый синтаксический анализатор и используемые словари для каждого типа фрагментов.

`\dFd[+] [ шаблон ]`

Выводит список словарей текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только словари, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFd+`, то выводится дополнительная информация о каждом словаре, включая базовый шаблон текстового поиска и параметры инициализации.

`\dFp[+] [ шаблон ]`

Выводит список анализаторов текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только те анализаторы, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFp+`, то выводится полное описание для каждого анализатора, включая базовые функции и список типов фрагментов.

`\dFt[+] [ шаблон ]`

Выводит список шаблонов текстового поиска. Если указан *шаблон*, показываются только шаблоны, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dFt+`, то выводится дополнительная информация о каждом шаблоне, включая имена основных функций.

`\dg[S+] [ шаблон ]`

Выводит список ролей базы данных. (Так как понятия «пользователи» и «группы» были объединены в «роли», эта команда теперь эквивалентна `\du`.) По умолчанию выводятся только роли, созданные пользователями: чтобы увидеть и системные роли, добавьте модификатор *s*. Если указан *шаблон*, выводятся только те роли, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dg+`, то выводится дополнительная информация о каждой роли; в настоящее время это комментарий роли.

`\dl`

Это псевдоним для `\lo_list`, показывает список больших объектов.

`\dL[S+] [ шаблон ]`

Выводит список процедурных языков. Если указан *шаблон*, выводятся только те языки, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только языки, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*. При добавлении *+* к имени команды для каждого языка дополнительно будут выводиться: обработчик вызова, функция проверки, права доступа и является ли язык системным объектом.

`\dn[S+] [ шаблон ]`

Выводит список схем (пространств имён). Если указан *шаблон*, выводятся только те схемы, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*. При добавлении *+* к имени команды для каждого объекта дополнительно будут выводиться права доступа и описание, при наличии.

`\do[S+] [ шаблон ]`

Выводит список операторов, их операндов и типы результата. Если указан *шаблон*, выводятся только те операторы, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*. При добавлении *+* к имени команды для каждого оператора будет выводиться дополнительная информация, сейчас это имя функции, на которой основан оператор.

`\dO[S+] [ шаблон ]`

Выводит список правил сортировки. Если указан *шаблон*, выводятся только те правила, имена которых соответствуют ему. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор *s*. При добавлении *+* к имени команды для каждого объекта дополнительно будет выводиться

ся описание, при наличии. Обратите внимание, что отображаются только правила сортировки, применимые к кодировке текущей базы данных, поэтому результат команды может отличаться для различных баз данных этой же установки PostgreSQL.

`\dp [ шаблон ]`

Выводит список таблиц, представлений и последовательностей с их правами доступа. Если указан *шаблон*, отображаются только таблицы, представления и последовательности, имена которых соответствуют ему.

Для установки прав доступа используются команды GRANT и REVOKE. Смысл отображаемых привилегий объясняется в описании GRANT.

`\drds [ шаблон-ролей [ шаблон-баз ] ]`

Выводит список специфических параметров конфигурации. Эти параметры могут быть специфическими для роли, специфическими для базы данных, или обеих. Параметры *шаблон-ролей* и *шаблон-баз* используются для отбора определённых ролей и баз данных, соответственно. Если они опущены, или указано *, выводятся все параметры конфигурации, в том числе не относящиеся к ролям или базам данных.

Команды ALTER ROLE и ALTER DATABASE используются для определения параметров конфигурации, специфических для роли или базы данных.

`\dRp[+] [ шаблон ]`

Выводит список реплицируемых публикаций. Если указан *шаблон*, выводятся только те подписки, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды для каждой публикации показываются также связанные с ней таблицы.

`\dRs[+] [ шаблон ]`

Выводит список подписок на репликацию. Если указан *шаблон*, выводятся только те подписки, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды выводятся дополнительные свойства подписок.

`\dT[S+] [ шаблон ]`

Выводит список типов данных. Если указан *шаблон*, выводятся только те типы, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды для каждого типа данных дополнительно будет выводиться: внутреннее имя типа, размер, допустимые значения для типа `enum` и права доступа. По умолчанию показываются только объекты, созданные пользователями. Для включения системных объектов нужно задать шаблон или добавить модификатор `s`.

`\du[S+] [ шаблон ]`

Выводит список ролей базы данных. (Так как понятия «пользователи» и «группы» были объединены в «роли», эта команда теперь равнозначна `\dg`.) По умолчанию выводятся только роли, созданные пользователями: чтобы увидеть и системные роли, добавьте модификатор `s`. Если указан *шаблон*, выводятся только те роли, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\du+`, то выводится дополнительная информация о каждой роли; в настоящее время это комментарий роли.

`\dx[+] [ шаблон ]`

Выводит список установленных расширений. Если указан *шаблон*, выводятся только расширения, имена которых соответствуют ему. Если используется форма `\dx+`, то для каждого расширения выводятся все принадлежащие ему объекты.

`\dy[+] [ шаблон ]`

Выводит список событийных триггеров. Если указан *шаблон*, выводятся только те событийные триггеры, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды для каждого объекта дополнительно будет выводиться описание.

`\e` или `\edit` [*имя_файла*] [*номер_строки*]

Если указано *имя_файла*, файл открывается для редактирования; после выхода из редактора содержимое файла копируется в буфер текущего запроса. Если *имя_файла* не задано, буфер текущего запроса копируется во временный файл, который затем редактируется тем же образом. Либо, если буфер текущего запроса пуст, во временный файл копируется последний выполненный запрос, и он затем так же редактируется.

Новое содержимое буфера запроса затем разбирается согласно обычным правилам psql, при этом весь буфер обрабатывается как одна строка. Все законченные запросы немедленно выполняются; то есть, если буфер запроса содержит точку с запятой или заканчивается ей, выполняется всё его содержимое до этого знака. Оставшийся текст будет ждать выполнения в буфере запроса; вы можете ввести точку с запятой или `\g`, чтобы передать его, либо `\r`, чтобы сбросить его, очистив буфер запроса. Прочтение буфера как одной строки в основном отражается на метакомандах: всё, что находится в буфере после метакоманды, будет воспринято как аргументы метакоманды, даже если этот текст продолжается на нескольких строках. (Поэтому таким способом нельзя выполнять скрипты с метакомандами. Для таких скриптов используйте `\i.`)

Если указан номер строки, psql будет позиционировать курсор на указанную строку файла или буфера запроса. Обратите внимание, что если указан один аргумент и он числовой, psql предполагает, что это номер строки, а не имя файла.

Подсказка

Как настроить редактор и изменить его поведение, рассказывается в разделе «Переменные окружения».

`\echo` *текст* [...]

Выводит аргументы на стандартный вывод, разделяя их одним пробелом, в конце следует перевод строки. Команда полезна для формирования вывода из скриптов. Например:

```
=> \echo `date`
Tue Oct 26 21:40:57 CEST 1999
```

Если первый аргумент `-n` без кавычек, то перевод строки в конце не ставится.

Подсказка

Если используется команда `\o` для перенаправления вывода запросов, возможно, следует применять команду `\qecho` вместо этой.

`\ef` [*описание_функции*] [*номер_строки*]

Эта команда извлекает из базы определение заданной функции или процедуры в форме команды `CREATE OR REPLACE FUNCTION` или `CREATE OR REPLACE PROCEDURE` и открывает его на редактирование. Редактирование осуществляется таким же образом, как и при выполнении `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда остаётся в буфере запроса; введите точку с запятой или `\g`, чтобы отправить её серверу, либо `\r`, чтобы отменить.

Для функции может быть задано только имя или имя и аргументы, например `foo(integer, text)`. Типы аргументов необходимы, если существует более чем одна функция с тем же именем.

Если функция не указана, для редактирования открывается пустая заготовка `CREATE FUNCTION`.

Если указан номер строки, psql будет позиционировать курсор на указанную строку тела функции. (Обратите внимание, что тело функции обычно не начинается на первой строке файла).

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\ef`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

Подсказка

Как настроить редактор и изменить его поведение, рассказывается в разделе «Переменные окружения».

`\encoding [ кодировка ]`

Устанавливает кодировку набора символов на клиенте. Без аргумента команда показывает текущую кодировку.

`\errverbose`

Повторяет последнее серверное сообщение об ошибке с максимальным уровнем детализации, как если бы переменная `VERBOSITY` имела значение `verbose`, а `SHOW_CONTEXT` — `always`.

`\ev [ имя_представления [номер_строки] ]`

Эта команда извлекает и открывает на редактирование определение указанного представления в форме команды `CREATE OR REPLACE VIEW`. Редактирование осуществляется так же, как и с `\edit`. После выхода из редактора изменённая команда остаётся в буфере запроса; введите точку с запятой или `\g`, чтобы выполнить её, либо `\r`, чтобы её сбросить.

Если представление не указано, для редактирования открывается пустая заготовка `CREATE VIEW`.

Если указан номер строки, `psql` установит курсор на заданную строку в определении представления.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\ev`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\f [ строка ]`

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода запросов. По умолчанию используется вертикальная черта (`|`). Равнозначно команде `\pset fieldsep`.

`\g [ имя_файла ]`

`\g [ | команда ]`

Отправляет содержимое буфера текущего запроса на сервер для выполнения. Если передаётся аргумент, вывод запроса записывается в указанный файл или передаётся через поток заданной команде оболочки, а не отображается как обычно. Вывод направляется в файл или команду, только если запрос успешно вернул 0 или более строк, но не когда запрос завершился неудачно или выполнялась команда, не возвращающая данные.

Если буфер текущего запроса пуст, вместо этого повторно выполняется предыдущий запрос. За исключением этой особенности, метакоманда `\g` без аргумента по сути равнозначна точке с запятой. Метакоманда `\g` с аргументом является «одноразовой» альтернативой команде `\o`.

Если аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как *команда*, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\gdesc`

Показывает описание (то есть имена и типы данных столбцов) результата текущего запроса в буфере. Сам запрос при этом не выполняется; но если он содержит какие-либо синтаксические ошибки, они выдаются обычным образом.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно описан последний переданный запрос.

`\gexec`

Отправляет буфер текущего запроса на сервер, а затем обрабатывает содержимое каждого столбца каждой строки результата запроса (если он непустой) как SQL-оператор, то есть исполняет его. Например, следующая команда создаст индексы по каждому столбцу `my_table`:

```
=> SELECT format('create index on my_table(%I)', attname)
-> FROM pg_attribute
-> WHERE attrelid = 'my_table'::regclass AND attnum > 0
-> ORDER BY attnum
-> \gexec
CREATE INDEX
CREATE INDEX
CREATE INDEX
CREATE INDEX
```

Генерируемые запросы выполняются в том порядке, в каком возвращаются строки, слева направо, если возвращается несколько столбцов. Поля NULL игнорируются. Эти запросы передаются для обработки на сервер буквально, так что это не могут быть метакоманды `psql` или запросы, использующие переменные `psql`. В случае сбоя в одном из запросов, выполнение оставшихся запросов продолжается, если только не установлена переменная `ON_ERROR_STOP`. На выполнение каждого запроса оказывает влияние параметр `ECHO`. (Применяя команду `\gexec`, рекомендуется устанавливать в `ECHO` режим `all` или `queries`.) Такие расширенные средства, как протоколирование запросов, пошаговый режим, замер времени и т. п., так же действуют при выполнении каждого генерируемого запроса.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\gset [ префикс ]`

Отправляет буфер текущего запроса на сервер для выполнения и сохраняет результат запроса в переменных `psql` (см. Подраздел «Переменные»). Выполняемый запрос должен возвращать ровно одну строку. Каждый столбец строки результата сохраняется в отдельной переменной, которая называется так же, как и столбец. Например:

```
=> SELECT 'hello' AS var1, 10 AS var2
-> \gset
=> \echo :var1 :var2
hello 10
```

Если указан *prefix*, то он добавляется в начале к именам переменных:

```
=> SELECT 'hello' AS var1, 10 AS var2
-> \gset result_
=> \echo :result_var1 :result_var2
hello 10
```

Если значение столбца NULL, то вместо присвоения значения соответствующая переменная удаляется.

Если запрос завершается ошибкой или не возвращает одну строку, то никакие переменные не меняются.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\gx [ имя_файла ]`

`\gx [ |команда ]`

Метакоманда `\gx` подобна `\g`, но принудительно включает расширенный режим вывода для текущего запроса. См. `\x`.

`\h` или `\help` [*command*]

Выводит подсказку по синтаксису указанной команды SQL. Если *command* не указана, то psql выводит список всех команд, для которых доступна справка. Если в качестве *command* указана звёздочка (*), то выводится справка по всем командам SQL.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\help`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

Примечание

Для упрощения ввода команды, состоящие из нескольких слов, можно не заключать в кавычки. Таким образом, можно просто писать `\help alter table`.

`\H` или `\html`

Включает вывод запросов в формате HTML. Если формат HTML уже включён, происходит переключение обратно на выровненный формат. Эта команда используется для совместимости и удобства, но в описании `\pset` вы можете узнать о других вариантах вывода.

`\i` или `\include` *имя_файла*

Читает ввод из файла *имя_файла* и выполняет его, как будто он был набран на клавиатуре.

Если *имя_файла* задано как - (минус), читается стандартный ввод до признака конца файла или до метакоманды `\q`. Это может быть полезно для совмещения интерактивного ввода со вводом команд из файлов. Заметьте, что при этом поведение Readline будет применяться, только если оно активно на внешнем уровне.

Примечание

Если вы хотите видеть строки файла на экране по мере их чтения, необходимо установить для переменной `ЕСНО` значение `all`.

`\if` *выражение*

`\elif` *выражение*

`\else`

`\endif`

Эта группа команд реализует вложенные условные блоки. Условный блок должен начинаться командой `\if` и заканчиваться `\endif`. Между ними может быть любое количество предложений `\elif`, которые могут быть дополнительно завершаться одним предложением `\else`. Между командами, формирующими блок условия, могут размещаться (и обычно размещаются) обычные запросы и другие типы команд в обратных кавычках.

Команды `\if` и `\elif` считывают свои аргументы и вычисляют их как логические выражения. Если выражение выдаёт `true`, обработка продолжается как обычно; в противном случае входные строки пропускаются до достижения соответствующих команд `\elif`, `\else` или `\endif`. Как только проверка `\if` или `\elif` оказывается успешной, аргументы последующих команд `\elif` в том же блоке не вычисляются, а считаются ложными. Строки, следующие за `\else`, обрабатываются только если ни одна из предыдущих проверок `\if` или `\elif` не была успешной.

В аргументе *выражение* команд `\if` и `\elif` производится подстановка переменных и раскрытие кавычек, как и в аргументе любой другой команды с обратной косой. После этого полученное значение оценивается как значение переменной да/нет. Так что истинным значением будет любое однозначное вхождение без учёта регистра одной из строк (или подстрок): `true`, `false`, `1`, `0`, `on`, `off`, `yes`, `no`. Например, строки `t`, `T` и `tR` все будут восприниматься как `true`.

Если выражения не приводятся к значениям true или false, будет выдано предупреждение, а их результат будет считаться ложным.

Пропускаемые строки разбираются как обычно (в них выявляются запросы и команды с обратной косой), но не передаются серверу, а команды с обратной косой, отличные от условных (\if, \elif, \else, \endif), просто игнорируются. В командах условий проверяется только правильность вложенности. Ссылки на переменные в пропускаемых строках не разворачиваются, как не выполняется и раскрытие обратных кавычек.

Все команды с обратной косой в одном условном блоке должны содержаться в одном исходном файле. Если до того, как будут закрыты все локальные блоки \if, в основном файле команд будет достигнут конец файла или встретится включение другого файла (команда \include), psql выдаст ошибку.

Например:

```
-- проверка существования двух отдельных записей в базе данных и сохранение
-- результатов в двух разных переменных psql
SELECT
    EXISTS(SELECT 1 FROM customer WHERE customer_id = 123) as is_customer,
    EXISTS(SELECT 1 FROM employee WHERE employee_id = 456) as is_employee
\gset
\if :is_customer
    SELECT * FROM customer WHERE customer_id = 123;
\elif :is_employee
    \echo 'is not a customer but is an employee'
    SELECT * FROM employee WHERE employee_id = 456;
\else
    \if yes
        \echo 'not a customer or employee'
    \else
        \echo 'this will never print'
    \endif
\endif
\ir или \include_relative filename
```

Команда \ir похожа на \i, но по-разному интерпретирует относительные имена файлов. При выполнении в интерактивном режиме две команды ведут себя одинаково. Однако, при вызове из скрипта \ir интерпретирует имена файлов относительно каталога, в котором расположен скрипт, а не текущего рабочего каталога.

\l[+] или \list[+] [шаблон]

Выводит список баз данных на сервере и показывает их имена, владельцев, кодировку набора символов и права доступа. Если указан *шаблон*, выводятся только базы данных, имена которых соответствуют ему. При добавлении + к имени команды также отображаются: размер базы данных, табличное пространство по умолчанию и описание. (Информация о размере доступна только для баз данных, к которым текущий пользователь может подключиться.)

\lo_export oid_БО имя_файла

Читает большой объект с OID *loid* из базы данных и записывает его в файл *имя_файла*. Обратите внимание, что это несколько отличается от функции сервера lo_export, которая действует с правами пользователя, от имени которого работает сервер базы данных, и в файловой системе сервера.

Подсказка

Используйте \lo_list для получения OID больших объектов.

```
\lo_import имя_файла [ комментарий ]
```

Сохраняет файл в большом объекте PostgreSQL. При этом с объектом может быть связан указанный комментарий. Пример:

```
foo=> \lo_import '/home/peter/pictures/photo.xcf' 'a picture of me'
lo_import 152801
```

Ответ указывает на то, что большой объект получил OID 152801, который может быть использован для доступа к вновь созданному объекту в будущем. Для удобства чтения рекомендуется всегда связывать объекты с понятными комментариями. OID и комментарии можно посмотреть с помощью команды `\lo_list`.

Обратите внимание, что это немного отличается от функции сервера `lo_import`, так как действует от имени локального пользователя в локальной файловой системе, а не пользователя сервера в файловой системе сервера.

```
\lo_list
```

Показывает список всех больших объектов PostgreSQL, хранящихся в базе данных, вместе с предоставленными комментариями.

```
\lo_unlink oid_БО
```

Удаляет большой объект с OID `loid` из базы данных.

Подсказка

Используйте `\lo_list` для получения OID больших объектов.

```
\o или \out [ имя_файла ]
```

```
\o или \out [ |команда ]
```

Результаты запросов будут сохраняться в файле `имя_файла` или перенаправляться команде оболочки (заданной аргументом `команда`). Если аргумент не указан, результаты запросов перенаправляются на стандартный вывод.

Если аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как `команда`, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

«Результаты запросов» включают в себя все таблицы, ответы команд, уведомления, полученные от сервера баз данных, а также вывод от метакоманд, обращающихся к базе (таких как `\d`), но не сообщения об ошибках.

Подсказка

Чтобы вставить текст между результатами запросов, используйте `\qecho`.

```
\p или \print
```

Печатает содержимое буфера текущего запроса на стандартный вывод. Если этот буфер пуст, будет напечатан последний выполненный запрос.

```
\password [ имя_пользователя ]
```

Изменяет пароль указанного пользователя (по умолчанию, текущего пользователя). Эта команда запрашивает новый пароль, шифрует и отправляет его на сервер в виде команды `ALTER ROLE`. Это гарантирует, что новый пароль не отображается в открытом виде в истории команд, журнале сервера или в другом месте.

`\prompt [ текст ] имя`

Предлагает пользователю ввести значение, которое будет присвоено переменной *имя*. Дополнительно можно указать подсказку *text*. (Если подсказка состоит из нескольких слов, то её текст нужно взять в одинарные кавычки).

По умолчанию, `\prompt` использует терминал для ввода и вывода. Однако, если используется параметр командной строки `-f`, `\prompt` использует стандартный ввод и стандартный вывод.

`\pset [ параметр [ значение ] ]`

Эта команда устанавливает параметры, влияющие на вывод результатов запросов. *option* указывает, какой параметр необходимо установить. Семантика *value* меняется в зависимости от выбранного параметра. Для некоторых параметров, отсутствие *value* означает переключение значения, либо сброс значения, как описано ниже в разделе конкретного параметра. Если такое поведение не упоминается, то пропуск *value* приводит к отображению текущего значения параметра.

`\pset` без аргументов выводит текущий статус всех параметров команды.

Имеются следующие параметры:

border

Здесь *значение* должно быть числом. В целом, чем больше это число, тем больше границ и линий будет в таблицах, но детали зависят от формата. В формате HTML заданное значение напрямую отображается в атрибут `border=...`. Для большинства других форматов имеют смысл только значения 0 (нет границы), 1 (внутренние разделительные линии) и 2 (граница таблицы), а значения больше 2 воспринимаются как `border = 2`. Форматы `latex` и `latex-longtable` дополнительно поддерживают значение 3, добавляющее разделительные линии между строками данных.

columns

Устанавливает максимальную ширину для формата `wrapped`, а также ограничение по ширине, свыше которого будет требоваться постраничник или произойдёт переключение в вертикальное отображение при режиме `expanded auto`. При значении 0 (по умолчанию) максимальная ширина управляется переменной среды `COLUMNS` или шириной экрана, если `COLUMNS` не установлена. Кроме того, если `columns` равно нулю, то формат `wrapped` влияет только на вывод на экран. Если `columns` не равно 0, то это также влияет на вывод в файл или в другую команду через канал.

expanded (или x)

Указанное *значение* допускает варианты `on` или `off`, которые включают или отключают развёрнутый режим, либо `auto`. Если *значение* опущено, команда включает/отключает режим. Когда развёрнутый режим включён, результаты запроса выводятся в две колонки: имя столбца в левой, данные в правой. Этот режим полезен, если данные не помещаются на экране в обычном «горизонтальном» режиме. При выборе `auto` развёрнутый режим используется, когда результат запроса содержит несколько столбцов и по ширине не помещается на экране; в противном случае используется обычный режим. Режим `auto` распространяется только на форматы `aligned` и `wrapped`. С другими форматами он всегда равнозначен отключённому состоянию.

fieldsep

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода запросов. Таким образом, можно формировать вывод, в котором значения будут разделены табуляцией или запятыми. Это может быть предпочтительным для использования в других программах. Для установки символа табуляции в качестве разделителя полей, введите `\pset fieldsep '\t'`. По умолчанию используется вертикальная черта (`'|'`).

`fieldsep_zero`

Устанавливает разделитель полей для невыровненного режима вывода в нулевой байт.

`footer`

Для *value* возможны два значения: `on` или `off`, которые включают или отключают вывод результирующей строки с количеством выбранных записей (*n* строк). Если *value* не указано, то команда переключает текущее значение в `on` или `off`.

`format`

Устанавливает один из следующих форматов вывода: `unaligned`, `aligned`, `wrapped`, `html`, `asciidoc`, `latex` (использует `tabular`), `latex-longtable` или `troff-ms`. Допускается сокращение слова до уникального значения. (Это значит, что одной буквы будет достаточно.)

В формате `unaligned` все столбцы размещаются на одной строке и отделяются друг от друга разделителем полей. Это полезно для создания вывода, который будет читаться другими программами (например, формат с выводом значений, разделённых запятыми или табуляцией).

Формат `aligned` это стандартный, удобочитаемый, хорошо отформатированный текстовый вывод. Используется по умолчанию.

Формат `wrapped` похож на `aligned`, но переносит длинные значения столбцов на новые строки, чтобы общий вывод поместился в заданную ширину. Задание ширины вывода описано в параметре `columns`. Обратите внимание, что `psql` не будет пытаться переносить на новые строки заголовки столбцов. Поэтому формат `wrapped` работает так же, как `aligned` если общая ширина, требуемая для всех заголовков столбцов, превышает установленную максимальную ширину.

Форматы `html`, `asciidoc`, `latex`, `latex-longtable` и `troff-ms` выводят таблицы, которые предназначены для включения в документы с помощью соответствующего языка разметки. Они не являются полноценными документами! Возможно это необязательно в HTML, но в LaTeX необходимо иметь полный упаковщик документа. `latex-longtable` также требует наличия пакетов LaTeX `longtable` и `booktabs`.

`linestyle`

Задаёт стиль отрисовки линий границы: `ascii`, `old-ascii` или `unicode`. Допускается сокращение слова до уникального значения. (Это значит, что одной буквы будет достаточно.) Значение по умолчанию: `ascii`. Этот параметр действует только в форматах `aligned` и `wrapped`.

Стиль `ascii` использует обычные символы ASCII. Символы новой строки в данных показываются с использованием символа `+` в правом поле. Когда при формате `wrapped` происходит перенос данных на новую строку (без символа новой строки), ставится точка (`.`) в правом поле первой строки и точка в левом поле следующей строки.

Стиль `old-ascii` использует обычные символы ASCII в стиле PostgreSQL 8.4 и раньше. Символы новой строки в данных отображаются, используя символ `:` вместо левого разделителя полей. Когда происходит перенос данных на новую строку без символа новой строки, символ `;` используется вместо левого разделителя полей.

Стиль `unicode` использует символы Юникода для рисования линий. Символы новой строки в данных показываются с использованием символа возврата каретки в правом поле. Когда при формате `wrapped` происходит перенос данных на новую строку (без символа новой строки), ставится символ многоточия в правом поле первой строки и в левом поле следующей строки.

Когда значение `border` больше нуля, параметр `linestyle` также определяет символы, которыми будут рисоваться границы. Обычные символы ASCII работают везде, но символы Юникода смотрятся лучше на терминалах, распознающих их.

null

Устанавливает строку, которая будет напечатана вместо значения null. По умолчанию не печатается ничего, что можно ошибочно принять за пустую строку. Например, можно было бы предпочесть `\pset null '(null)'`.

numericlocale

Если задаётся *значение*, возможны два варианта: `on` или `off`, которые включают или отключают отображение специфичного для локали символа, разделяющего группы цифр левее десятичной точки. Если *значение* не указано, то команда переключает вывод чисел с локализованного на обычный и обратно.

pager

Управляет использованием постраничника для просмотра результатов запросов и справочной информации psql. Если установлена переменная среды `PSQL_PAGER` или `PAGER`, вывод передаётся указанной программе. В противном случае используется платформозависимая программа по умолчанию (например, `more`).

Если `pager` имеет значение `off`, программа постраничного просмотра (постраничник) не используется. Если `pager` имеет значение `on`, эта программа используется при необходимости, т. е. когда вывод на терминал не помещается на экране. Параметр `pager` также может иметь значение `always`, при этом постраничник будет использоваться всегда, независимо от того, помещается вывод на экран терминала или нет. Команда `\pset pager` без указания *значения* переключает варианты `on` и `off`.

pager_min_lines

Если в `pager_min_lines` задаётся число, превышающее высоту страницы, программа постраничного вывода не будет вызываться, пока не наберётся заданное число строк для вывода. Значение по умолчанию — 0.

recordsep

Устанавливает разделитель записей (строк) для невыровненного режима вывода. По умолчанию используется символ новой строки.

recordsep_zero

Устанавливает разделитель записей для невыровненного режима вывода в нулевой байт.

tableattr (или T)

Устанавливает атрибуты, которые будут помещены в тег `table`, при формате вывода HTML. Например, это может быть `cellpadding` или `border`. Заметьте, что, вероятно, не нужно здесь задавать `border`, так как для этого уже есть `\pset border`. Если *value* не задано, атрибуты таблицы удаляются.

В формате `latex-longtable` этот параметр контролирует пропорциональную ширину каждого столбца, данные которого выровнены по левому краю. Он указывается как список разделённых пробелами значений, например `'0.2 0.2 0.6'`. Для неуказанных столбцов используется последнее из заданных значений.

title (или C)

Устанавливает заголовок таблицы для любых впоследствии выводимых таблиц. Это можно использовать для задания описательных тегов при формировании вывода. Если *value* не задано, заголовок таблицы удаляется.

tuples_only (или t)

Для *value* возможны два значения: `on` или `off`, которые включают или отключают режим вывода только кортежей. Если *value* не указано, то команда переключает с режима вывода

только кортежей на обычный режим и обратно. Обычный вывод включает в себя дополнительную информацию, такую как заголовки столбцов и различные колонтитулы. В режиме вывода только кортежей отображаются только фактические табличные данные.

`unicode_border_linestyle`

Устанавливает стиль рисования границ для стиля линий `unicode: single` (одинарный) или `double` (двойной).

`unicode_column_linestyle`

Устанавливает стиль рисования колонок для стиля линий `unicode: single` (одинарный) или `double` (двойной).

`unicode_header_linestyle`

Устанавливает стиль рисования заголовка для стиля линий `unicode: single` (одинарный) или `double` (двойной).

Иллюстрацию того, как могут выглядеть различные форматы, можно увидеть в разделе «Примеры».

Подсказка

Для некоторых параметров `\pset` есть короткие команды. См. `\a`, `\C`, `\f`, `\H`, `\t`, `\T` и `\x`.

`\q` или `\quit`

Выход из `psql`. При использовании в скрипте прекращается только выполнение этого скрипта.

`\qecho` *текст* [...]

Эта команда идентична `\echo` за исключением того, что вывод будет записываться в канал вывода запросов, установленный `\o`.

`\r` или `\reset`

Сбрасывает (очищает) буфер запроса.

`\s` [*имя_файла*]

Записывает историю команд `psql` в файл *имя_файла*. Если *имя_файла* не указано, то история команд выводится на стандартный вывод (с использованием постраничника, когда уместно). Этот параметр недоступен, если `psql` был собран без поддержки Readline.

`\set` [*имя* [*значение* [...]]]

Задаёт для переменной `psql` *имя* указанное *значение* или, если указано несколько значений, все эти значения, соединённые вместе. Если присутствует только один аргумент, значением переменной становится пустая строка. Для сброса переменной используйте команду `\unset`.

`\set` без аргументов выводит имена и значения всех `psql` переменных, установленных в настоящее время.

Имена переменных могут содержать буквы, цифры и знаки подчёркивания. Подробнее см. раздел «Переменные» ниже. Имена переменных чувствительны к регистру.

Некоторые переменные имеют особенности в том, как они управляют поведением `psql` или автоматически устанавливаются, отражая состояние соединения. Эти переменные документированы ниже, в Подразделе «Переменные».

Примечание

Эта команда не имеет отношения к SQL-команде SET.

`\setenv имя [ значение ]`

Задаёт для переменной среды *name* значение *value* или, если *value* не задано, удаляет переменную среды. Пример:

```
testdb=> \setenv PAGER less
testdb=> \setenv LESS -imx4F
```

`\sf[+] описание_функции`

Эта команда извлекает из базы и выводит определение заданной функции или процедуры в форме команды CREATE OR REPLACE FUNCTION или CREATE OR REPLACE PROCEDURE. Определение выдаётся в текущий канал вывода запроса, установленный \o.

Для функции может быть задано только имя или имя и аргументы, например `foo(integer, text)`. Типы аргументов необходимы, если существует более чем одна функция с тем же именем.

При добавлении + к имени команды строки вывода нумеруются, первая строка тела функции получит номер 1.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы \sf, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\sv[+] имя_представления`

Извлекает из базы данных и выводит определение указанного представления в форме команды CREATE OR REPLACE VIEW. Определение выводится в текущий канал вывода запросов, установленный \o.

При добавлении + к имени команды строки вывода нумеруются, начиная с 1.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы \sv, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек.

`\t`

Включает/выключает отображение имён столбцов и результирующей строки с количеством выбранных записей для запросов. Эта команда эквивалентна `\pset tuples_only` и предоставлена для удобства.

`\T table_options`

Устанавливает атрибуты, которые будут помещены в тег `table` при формате вывода HTML. Эта команда эквивалентна `\pset tableattr table_options`.

`\timing [ on | off ]`

С параметром данная команда, в зависимости от него, включает/отключает отображение времени выполнения каждого SQL-оператора. Без параметра она меняет состояние отображения на противоположное. Время выводится в миллисекундах; интервалы больше 1 секунды выводятся в формате минуты:секунды, а при необходимости в вывод также добавляются часы и дни.

`\unset имя`

Удаляет psql переменную *name*.

Большинство переменных, управляющих поведением psql, нельзя сбросить; команда `\unset` для них воспринимается как установка значений по умолчанию. См. Подраздел «Переменные» ниже.

`\w` или `\write filename`
`\w` или `\write |command`

Выводит буфер текущего запроса в файл *имя_файла* или через канал в команду оболочки *команда*. Если этот буфер пуст, будет выведен последний выполненный запрос.

Если аргумент начинается с `|`, весь остаток строки воспринимается как *команда*, подлежащая выполнению, в которой не производится ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Это продолжение строки просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\watch [ секунды ]`

Эта команда многократно выполняет текущий запрос в буфере (как `\g`), пока не будет прервана или не возникнет ошибка. Аргумент задаёт количество секунд ожидания между выполнениями запроса (по умолчанию 2). Результат каждого запроса выводится с заголовком, включающим строку `\pset title` (если она задана), время запуска запроса и интервал задержки.

Если буфер текущего запроса пуст, будет повторно выполнен последний переданный запрос.

`\x [ on | off | auto ]`

Устанавливает или переключает режим развёрнутого вывода таблицы. Это эквивалентно `\pset expanded`.

`\z [ шаблон ]`

Выводит список таблиц, представлений и последовательностей с их правами доступа. Если указан *шаблон*, отображаются только таблицы, представления и последовательности, имена которых соответствуют ему.

Это псевдоним для `\dp` («показать права доступа»).

`\! [ команда ]`

Без аргументов запускает подчинённую оболочку; когда эта оболочка завершается, psql продолжает работу. Если добавлен аргумент, запускает команду оболочки *команда*.

В отличие от большинства других метакоманд весь остаток строки всегда воспринимается как аргументы `\!`, и в этих аргументах не выполняется ни подстановка переменных, ни раскрытие обратных кавычек. Этот текст просто передаётся оболочке в буквальном виде.

`\? [ тема ]`

Показывает справочную информацию. Необязательный параметр *тема* (по умолчанию `commands`) выбирает описание интересующей части psql: `commands` описывает команды psql с обратной косой чертой; `options` описывает параметры командной строки, которые можно передать psql; `a variables` выдаёт справку по переменным конфигурации psql.

`\;`

Точка с запятой после косой черты не является метакомандой в том смысле, что предыдущие; при её вводе в буфер просто добавляется точка с запятой без обработки.

Обычно psql передаёт SQL-команду серверу, как только встречает завершающую команду точку с запятой, даже если текущая строка на этом не заканчивается. Так, например, при вводе

```
select 1; select 2; select 3;
```

на сервер по отдельности будут переданы три SQL-команды, и результат каждой команды будет выведен перед переходом к следующей. Однако если точка с запятой вводится как `\;`, команда не передаётся на обработку, так что команды до и после этих символов по сути объединяются и передаются серверу в одном запросе. Поэтому, например, при выполнении

```
select 1\; select 2\; select 3;
```

серверу передаются сразу три SQL-команды при достижении неэкранированной точки с запятой. Сервер выполняет такой запрос как одну транзакцию, если только в строку не включены явные команды `BEGIN/COMMIT`, которые разделят её на несколько транзакций. (Подробнее о том, как сервер обрабатывает строки, включающие несколько команд, рассказывается в Подразделе 53.2.2.1.) `psql` выводит результат только последнего запроса из всей строки. Так, в последнем примере `psql` выводит только 3, хотя на самом деле выполнялись все три команды.

Шаблоны поиска

Различные `\d` команды принимают параметр *pattern* для указания имени (имён) объектов для отображения. В простейшем случае шаблон - это точное имя объекта. Символы внутри шаблона обычно приводятся к нижнему регистру, как и для имён SQL-объектов; к примеру `\dt foo` выводит таблицу с именем `foo`. Как и для SQL имён, двойные кавычки вокруг шаблона предотвращают перевод в нижний регистр. Для включения символа двойной кавычки в шаблон используются два символа двойных кавычек подряд внутри шаблона в двойных кавычках. Опять же, это соответствует правилам для SQL-идентификаторов. Например `\dt "foo" "bar"` будет выводить таблицу с именем `foo"bar` (но не `foo"bar`). В отличие от обычных правил для SQL-имён, можно взять в двойные кавычки только часть шаблона, например `\dt foo"foo"bar` будет выводить таблицу с именем `fooFOObar`.

Если *pattern* вообще не указан, `\d` команды выводят все объекты, видимые для текущей схемы. Это эквивалентно указанию `*` в качестве шаблона. (Объект считается *видимым*, если схема, в которой он находится, лежит на пути поиска, и объект с таким типом и именем на пути поиска ещё не появлялся. Это эквивалентно утверждению, что на объект можно ссылаться по имени, без явного указания схемы.) Чтобы увидеть все объекты в базе данных, независимо от видимости, в качестве шаблона используется `*.*`.

Внутри шаблона `*` обозначает любое количество символов, включая отсутствие символов. `?` соответствует любому одному символу. (Это соответствует шаблонам имён файлов в Unix.) Например, `\dt int*` отображает все таблицы, имена которых начинаются на `int`. Однако внутри двойных кавычек `*` и `?` теряют своё специальное значение и становятся обычными символами.

Шаблон, содержащий точку (`.`), интерпретируется как шаблон имени схемы, за которым следует шаблон имени объекта. Например, `\dt foo*.bar*` отображает все таблицы, имена которых включают `bar`, и расположенные в схемах, имена которых начинаются с `foo`. Шаблоны, не содержащие точку, могут соответствовать только объектам текущей схемы. Опять же, точка внутри двойных кавычек теряет своё специальное значение.

Опытные пользователи могут использовать возможности регулярных выражений, такие как классы символов. Например `[0-9]` соответствует любой цифре. Все специальные символы регулярных выражений работают как описано в Подразделе 9.7.3, за исключением: `.` используется в качестве разделителя, как говорилось выше; `*` соответствует регулярному выражению `.*`; `?` соответствует `.`, а также символ `$`, который не имеет специального значения. При необходимости эти символы можно эмулировать указывая `?` для эмуляции `.`, `(R|)` для `R*`, `(R|)` для `R?`. `$` не требуется, как символ регулярного выражения, потому что шаблон должен соответствовать имени целиком, в отличие от обычной интерпретации регулярных выражений (другими словами, `$` автоматически добавляется в шаблон). Используйте `*` в начале и/или в конце, если не хотите, чтобы шаблон закреплялся. Обратите внимание, что внутри двойных кавычек, все специальные символы регулярных выражений теряют своё специальное значение и соответствуют сами себе. Также, специальные символы регулярных выражений не действуют в шаблонах для имён операторов (т. е. в аргументе команды `\do`).

Расширенные возможности

Переменные

`psql` предоставляет возможности подстановки переменных подобные тем, что используются в командных оболочках Unix. Переменные представляют собой пары имя/значение, где значением мо-

жет быть любая строка любой длины. Имя должно состоять из букв (включая нелатинские буквы), цифр и знаков подчёркивания.

Чтобы установить переменную, используется метакоманда `psql \set`. Например:

```
testdb=> \set foo bar
```

присваивает переменной `foo` значение `bar`. Чтобы получить значение переменной, нужно поставить двоеточие перед её именем, например:

```
testdb=> \echo :foo  
bar
```

Это работает как в обычных SQL-командах, так и в метакомандах; подробности в разделе «Интерполяция SQL» ниже.

При вызове `\set` без второго аргумента переменной присваивается пустая строка. Для сброса (то есть удаления) переменной используйте команду `\unset`. Чтобы посмотреть значения всех переменных, вызовите `\set` без аргументов.

Примечание

На аргументы `\set` распространяются те же правила подстановки, что и для других команд. Таким образом можно создавать интересные ссылки, например `\set :foo 'something'`, получая «мягкие ссылки» в Perl или «переменные переменных» в PHP. К сожалению (или к счастью?), с этими конструкциями нельзя сделать ничего полезного. С другой стороны, `\set bar :foo` является прекрасным способом копирования переменной.

Некоторые переменные обрабатываются в `psql` особым образом. Они представляют собой определённые параметры, которые могут быть изменены во время выполнения путём присваивания нового значения, а в некоторых переменных содержится изменяемое состояние `psql`. По соглашению, имена специальных переменных состоят только из заглавных ASCII-букв (и, возможно, цифр и знаков подчёркивания). Для максимальной совместимости в будущем старайтесь не использовать такие имена для собственных переменных.

Переменные, управляющие поведением `psql`, обычно нельзя сбросить или задать для них недопустимые значения. Команда `\unset` для них допускается, но воспринимается как установка значения по умолчанию. Команда `\set` без второго аргумента воспринимается как присвоение переменной значения `on`, для управляющих переменных, принимающих это значение, и не принимается для других. Также управляющие переменные, принимающие значения `on` и `off`, примут и другие общепринятые написания логических значений, например `true` и `false`.

Специальные переменные:

`AUTOCOMMIT`

При значении `on` (по умолчанию) после каждой успешно выполненной команды выполняется фиксация изменений. Чтобы отложить фиксацию изменений в этом режиме, нужно выполнить SQL-команду `BEGIN` или `START TRANSACTION`. При значении `off` или если переменная не определена, фиксация изменений не происходит до тех пор, пока явно не выполнена команда `COMMIT` или `END`. При значении `off` неявно выполняется `BEGIN` непосредственно перед любой командой, за исключением случаев когда: команда уже в транзакционном блоке; перед самой командой `BEGIN` или другой командой управления транзакциями; перед командой, которая не может выполняться внутри транзакционного блока (например `VACUUM`).

Примечание

Если режим `autocommit` отключён, необходимо явно откатывать изменения в неуспешных транзакциях, выполняя команду `ABORT` или `ROLLBACK`. Также имейте в

виду, что при выходе из сессии без фиксации изменений несохранённые изменения будут потеряны.

Примечание

Включённый режим `autocommit` является традиционным для PostgreSQL, а выключенный режим ближе к спецификации SQL. Если вы предпочитаете отключить режим `autocommit`, это можно сделать в общесистемном файле `psqlrc` или в персональном файле `~/.psqlrc`.

COMP_KEYWORD_CASE

Определяет, какой регистр букв будет использован при автоматическом завершении ключевых слов SQL. Если установлено в `lower` или `upper`, будет использоваться нижний или верхний регистр соответственно. Если установлено в `preserve-lower` или `preserve-upper` (по умолчанию), то завершаемое слово будет в том же регистре, что и уже введённое начало слова, но последующие слова, завершаемые полностью, будут в нижнем или верхнем регистре соответственно.

DBNAME

Имя базы данных, к которой вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

ECHO

Со значением `all` все непустые входящие строки выводятся на стандартный вывод по мере их чтения. (Это не относится к строкам, считываемым интерактивно.) Чтобы выбрать такое поведение при запуске программы, добавьте ключ `-a`. Со значением `queries` `psql` выводит каждый запрос, отправляемый серверу, на стандартный вывод. Этому значению соответствует ключ `-e`. Со значением `errors` в стандартный канал ошибок выдаются только запросы, вызвавшие ошибки. Ему соответствует ключ `-b`. Со значением `none` (по умолчанию), никакие запросы не выводятся.

ECHO_HIDDEN

Если эта переменная имеет значение `on` и метакоманда обращается к базе данных, сначала выводится текст нижележащего запроса. Это помогает изучать внутреннее устройство PostgreSQL и реализовывать похожую функциональность в своих программах. (Чтобы включить такое поведение при запуске программы, воспользуйтесь ключом `-E`.) Если вы зададите для этой переменной значение `noexec`, запросы будут просто показываться, но не будут отправляться на сервер и выполняться. Значение по умолчанию — `off`.

ENCODING

Текущая кодировка символов на стороне клиента. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы) и при смене кодировки командой `\encoding`, но эту переменную можно изменить или сбросить.

ERROR

`true` в случае ошибки последнего SQL-запроса, `false`, если он был выполнен успешно. См. также `SQLSTATE`.

FETCH_COUNT

Если значение этой переменной — целое число больше нуля, результаты запросов `SELECT` извлекаются из базы данных и отображаются группами с заданным количеством строк, в отличие от поведения по умолчанию, когда перед отображением результирующий набор накапливается целиком. Это позволяет использовать ограниченный размер памяти независимо от разме-

ра выборки. При включении этой функциональности обычно используются значения от 100 до 1000. Имейте в виду, что запрос может завершиться ошибкой после отображения некоторого количества строк.

Подсказка

Хотя можно использовать любой формат вывода, формат по умолчанию `aligned` как правило выглядит хуже, потому что каждая группа по `FETCH_COUNT` строк форматируется отдельно, что может привести к разной ширине столбцов в разных группах. Остальные форматы вывода работают лучше.

HISTCONTROL

Если переменная имеет значение `ignoreSPACE`, строки, начинающиеся с пробела, не сохраняются в истории. Если она имеет значение `ignoreDUPS`, в историю не добавляются строки, которые в ней уже есть. Значение `ignoreBoth` объединяет эти два варианта. Со значением `none` (по умолчанию) в истории сохраняются все строки, считываемые в интерактивном режиме.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

HISTFILE

Имя файла, в котором будет сохраняться список истории команд. Если эта переменная не определена, имя файла берётся из переменной окружения `PSQL_HISTORY`. Если и она не задана, используется имя по умолчанию — `~/.psql_history` или `%APPDATA%\postgresql\psql_history` в Windows. Например, если установить:

```
\set HISTFILE ~/.psql_history- :DBNAME
```

в `~/.psqlrc`, `psql` будет вести отдельный файл истории для каждой базы данных.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

HISTSIZE

Максимальное число команд, которые будут сохраняться в истории команд (по умолчанию 500). Если задано отрицательное значение, ограничение не накладывается.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

HOST

Имя компьютера, где работает сервер базы данных, к которому вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

IGNOREEOF

Если равно 1 или меньше, символ конца файла (EOF, обычно передаётся сочетанием клавиш **Control+D**) в интерактивном сеансе `psql` завершит работу приложения. Если значение больше 1, оно определяет, сколько последовательных символов EOF нужно ввести, чтобы завершить

интерактивный сеанс. Если значение переменной не является числовым, оно воспринимается как 10. По умолчанию — 0.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с Bash.

LASTOID

Содержит значение последнего OID, полученного командой `INSERT` или `\lo_import`. Корректное значение переменной гарантируется до тех пор, пока не будет отображён результат следующей SQL-команды.

LAST_ERROR_MESSAGE

LAST_ERROR_SQLSTATE

Основное сообщение об ошибке и связанный код `SQLSTATE` для последнего неудавшегося запроса в текущем сеансе `psql` либо пустая строка и `00000`, если в текущем сеансе не происходили ошибки.

ON_ERROR_ROLLBACK

При значении `on`, если команда в блоке транзакции выдаёт ошибку, ошибка игнорируется и транзакция продолжается. Со значением `interactive` такие ошибки игнорируются только в интерактивных сеансах, но не в скриптах. Со значением `off` (по умолчанию) команда в блоке транзакции, выдающая ошибку, прерывает всю транзакцию. Для реализации режима отката транзакции за вас неявно выполняется команда `SAVEPOINT` непосредственно перед каждой командой в блоке транзакции, а в случае ошибки команды происходит откат к этой точке сохранения.

ON_ERROR_STOP

По умолчанию, после возникновения ошибки обработка команд продолжается. Если эта переменная установлена в значение `on`, обработка команд будет немедленно прекращена. В интерактивном режиме `psql` вернётся в командную строку; иначе `psql` прекратит работу с кодом возврата 3, чтобы отличить этот случай от фатальных ошибок, для которых используется код возврата 1. В любом случае, выполнение всех запущенных скриптов (высокоуровневый скрипт и любые другие, которые он мог запустить) будет немедленно прекращено. Если высокоуровневая командная строка содержит несколько SQL-команд, выполнение завершится на текущей команде.

PORT

Содержит порт сервера базы данных, к которому вы сейчас подключены. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

PROMPT1

PROMPT2

PROMPT3

Указывают, как должны выглядеть приглашения `psql`. См. Подраздел «Настройка приглашений».

QUIET

Установка значения `on` эквивалента параметру командной строки `-q`. Это, вероятно, не слишком полезно в интерактивном режиме.

ROW_COUNT

Число строк, возвращённых или обработанных последним SQL-запросом, либо 0, если запрос завершился неудачно или не возвратил количество строк.

SERVER_VERSION_NAME
SERVER_VERSION_NUM

Номер версии сервера в виде строки, например 9.6.2, 10.1 или 11beta1, и в числовом виде, например, 90602 или 100001. Они устанавливаются при каждом подключении к базе данных (в том числе при запуске программы), но их можно изменить или сбросить.

SHOW_CONTEXT

Этой переменной можно присвоить значения `never` (никогда), `errors` (ошибки) или `always` (всегда), определяющие, когда в сообщениях с сервера будут выводиться поля КОНТЕКСТ. По умолчанию выбран вариант `errors` (что означает, что контекст будет выводиться в сообщениях об ошибках, но не в предупреждениях и уведомлениях). Этот параметр не действует, когда установлен уровень `VERBOSITY terse`. (Когда вам потребуется подробная версия только что выданной ошибки, может быть полезна команда `\errverbose`.)

SINGLELINE

Установка значения `on` эквивалентна параметру командной строки `-S`.

SINGLESTEP

Эта переменная эквивалентна параметру командной строки `-s`.

SQLSTATE

Код ошибки (см. Приложение А), связанной с неудачным выполнением последнего SQL-запроса, либо 00000 в случае его успешного завершения.

USER

Содержит имя пользователя базы данных, который сейчас подключён. Устанавливается всякий раз при подключении к базе данных (в том числе при старте программы), но эту переменную можно изменить или сбросить.

VERBOSITY

Этой переменной можно присвоить значения `default`, `verbose` или `terse` для изменения уровня детализации в сообщениях об ошибках. (См. также команду `\errverbose`, полезную, когда требуется подробная версия только что выданной ошибки.)

VERSION
VERSION_NAME
VERSION_NUM

Эти переменные устанавливаются при запуске программы и отражают версию psql соответственно в виде развёрнутой строки, краткой строки (например, 9.6.2, 10.1 или 11beta1) и числа (например, 90602 или 100001). Их можно изменить или сбросить.

Интерполяция SQL

Ключевой особенностью переменных psql является возможность подставлять («интерполировать») их в команды SQL, также как и в аргументы метакоманд. Кроме того, psql предоставляет средства для корректного использования кавычек для значений переменных, которые используются как литералы или идентификаторы SQL. Чтобы подставить значение без кавычек, нужно добавить перед именем переменной двоеточие (:). Например:

```
testdb=> \set foo 'my_table'
testdb=> SELECT * FROM :foo;
```

будет запрашивать таблицу `my_table`. Обратите внимание, что это может быть небезопасным: значение переменной копируется буквально, поэтому оно может содержать непарные кавычки или даже метакоманды. При применении необходимо убедиться, что это имеет смысл.

Когда значение будет использоваться в качестве SQL литерала или идентификатора, безопаснее заключить его в кавычки. Если значение переменной используется как SQL литерал, то после

двоеточия нужно написать имя переменной в одинарных кавычках. Если значение переменной используется как SQL идентификатор, то после двоеточия нужно написать имя переменной в двойных кавычках. Эти конструкции корректно работают с кавычками и другими специальными символами, которые могут содержаться в значении переменной. Предыдущий пример более безопасно выглядит так:

```
testdb=> \set foo 'my_table'
testdb=> SELECT * FROM : "foo";
```

Подстановка переменных не будет выполняться, если SQL литералы или идентификаторы заключены в кавычки. Поэтому конструкция `:foo` не превратится во взятое в кавычки значение переменной (и это было бы небезопасно, если бы работало, так как обработка кавычек внутри значения переменной была бы некорректной).

Один из примеров использования данного механизма — это копирование содержимого файла в столбец таблицы. Сначала загрузим содержимое файла в переменную, затем подставим значение переменной как строку в кавычках:

```
testdb=> \set content `cat my_file.txt`
testdb=> INSERT INTO my_table VALUES (: 'content');
```

(Отметим, что это пока не будет работать, если `my_file.txt` содержит байт NUL. psql не поддерживает NUL в значениях переменных.)

Так как двоеточие может легально присутствовать в SQL-командах, попытка подстановки (например для `:name`, `: 'name'` или `: "name"`) не выполняется, если переменная не установлена. В любом случае, можно экранировать двоеточие с помощью обратной косой черты, чтобы предотвратить подстановку.

Специальная конструкция `: { ?имя }` возвращает TRUE или FALSE в зависимости от того, существует ли переменная, и таким образом всегда подменяется значением, если только двоеточие не экранировано обратной косой чертой.

Использование двоеточия для переменных является стандартом SQL для встраиваемых языков запросов, таких как ECPG. Использование двоеточия для срезов массивов и приведения типов является расширением PostgreSQL, что иногда может конфликтовать со стандартным использованием. Использование двоеточия и кавычек для экранирования значения переменной при подстановке в качестве SQL литерала или идентификатора — это расширение psql.

Настройка приглашений

Приглашения, выдаваемые psql, можно настроить по своему вкусу. Три переменные `PROMPT1`, `PROMPT2` и `PROMPT3` содержат строки и спецпоследовательности, задающие внешний вид приглашения. Приглашение 1 (`PROMPT1`) — это обычное приглашение, которое выдаётся, когда psql ожидает ввода новой команды. Приглашение 2 (`PROMPT2`) выдаётся, когда при вводе команды ожидается дополнительные строки, например потому что команда не была завершена точкой с запятой или не закрыты кавычки. Приглашение 3 (`PROMPT3`) выдаётся при выполнении SQL-команды `COPY FROM STDIN`, когда в терминале нужно ввести значение новой строки.

Значения этих переменных выводятся буквально, за исключением случаев, когда в них встречается знак процента (%). В зависимости от следующего символа будет подставляться определённый текст. Существуют следующие подстановки:

%M
Полное имя компьютера (с именем домена) сервера базы данных или `[local]`, если подключение выполнено через Unix-сокеты, либо `[local:/dir/name]`, если при компиляции был изменён путь Unix-сокета по умолчанию.

%m
Имя компьютера, где работает сервер баз данных, усечённое до первой точки или `[local]`, если подключение выполнено через Unix-сокеты.

- `%>`
Номер порта, который прослушивает сервер базы данных.
- `%n`
Имя пользователя базы данных для текущей сессии. (Это значение может меняться в течение сессии в результате выполнения команды `SET SESSION AUTHORIZATION`.)
- `%/`
Имя текущей базы данных.
- `%~`
Похоже на `%/`, но выводит тильду `~`, если текущая база данных совпадает с базой данных по умолчанию.
- `%#`
Если пользователь текущей сессии является суперпользователем базы данных, то выводит `#`, иначе `>`. (Это значение может меняться в течение сессии в результате выполнения команды `SET SESSION AUTHORIZATION`.)
- `%p`
PID обслуживающего процесса для текущего подключения.
- `%R`
В приглашении 1 это обычно символ `=`, но `@`, если сеанс находится в неактивной ветви блока условия, либо `^` в однострочном режиме либо `!`, если сеанс не подключён к базе данных (что возможно при ошибке `\connect`). В приглашении 2 `%R` заменяется символом, показывающим, почему `psql` ожидает дополнительный ввод: `-`, если команда просто ещё не была завершена, но `*`, если не завершён комментарий `/* ... */`; апостроф, если не завершена строка в апострофах; кавычки, если не завершён идентификатор в кавычках; знак доллара, если не завершена строка в долларах; либо `(`, если после открывающей скобки не хватает закрывающей. В приглашении 3 `%R` не выдаёт ничего.
- `%x`
Состояние транзакции: пустая строка, если не в транзакционном блоке; `*`, когда в транзакционном блоке; `!`, когда в транзакционном блоке, в котором произошла ошибка и `?`, когда состояние транзакции не определено (например, нет подключения к базе данных).
- `%l`
Номер строки в текущем операторе, начиная с 1.
- `%цифры`
Подставляется символ с указанным восьмеричным кодом.
- `%:имя:`
Значение переменной `psql имя`. За подробностями обратитесь к разделу «Переменные».
- `%`команда``
Подставляется вывод команды `command`, как и в обычной подстановке с обратными апострофами.
- `%[ ... %]`
Приглашения могут содержать управляющие символы терминала, которые, например, изменяют цвет, фон и стиль текста приглашения или изменяют заголовок окна терминала. Для то-

го, чтобы возможности редактирования Readline работали правильно, непечатаемые символы нужно расположить между %[и %], чтобы сделать невидимыми. Можно делать несколько таких включений в приглашение. Например:

```
testdb=> \set PROMPT1 '%[%033[1;33;40m%]n@%/%R%[%033[0m%]## '
```

выдаст жирное (1;), желтое на черном (33;40) приглашение для VT100 совместимых цветных терминалов.

Чтобы вставить знак процента, нужно написать %%. По умолчанию используются значения '%/%R## ' для PROMPT1 и PROMPT2 и '>> ' для PROMPT3.

Примечание

Эта функциональность была бессовестно списана с tcsh.

Редактирование командной строки

psql поддерживает библиотеку Readline для удобного редактирования командной строки. История команд автоматически сохраняется при выходе из psql и загружается при запуске. Завершение клавишей TAB также поддерживается, хотя логика завершения не претендует на роль анализатора SQL. Запросы, генерируемые завершением по TAB, также могут конфликтовать с другими командами SQL, например SET TRANSACTION ISOLATION LEVEL. Если по какой-либо причине вам не нравится завершение по клавише TAB, его можно отключить в файле .inputrc в вашем домашнем каталоге:

```
$if psql
set disable-completion on
$endif
```

(Это возможность не psql, а Readline. Читайте документацию к Readline для дополнительной информации.)

Переменные окружения

COLUMNS

Если \pset columns равно нулю, управляет шириной формата вывода wrapped, а также определяет, нужно ли использовать постраничник и нужно ли переключаться в вертикальный формат в режиме expanded auto.

PGDATABASE
PGHOST
PGPORT
PGUSER

Параметры подключения по умолчанию (см. Раздел 34.14).

PSQL_EDITOR
EDITOR
VISUAL

Редактор, используемый командами \e, \ef и \ev. Эти переменные рассматриваются в том же порядке; в силу вступает первое установленное значение. Если ни одна из переменных не установлена, по умолчанию в Unix-системах используется vi, а в Windows — notepad.exe.

PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG

Если в командах \e, \ef или \ev указан номер строки, эта переменная задаёт аргумент командной строки, с которым номер строки может быть передан в редактор. Например, для редакторов Emacs и vi это знак плюс. Добавьте в конец значения пробел, если он требуется для отделения имени аргумента от номера строки. Примеры:

```
PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG='+'  
PSQL_EDITOR_LINENUMBER_ARG='--line '
```

Значение по умолчанию + в Unix-подобных системах (соответствует редактору по умолчанию vi и многим другим распространённым редакторам). На платформе Windows нет значения по умолчанию.

PSQL_HISTORY

Альтернативное расположение файла с историей команд. Допускается использование тильды (~).

PSQL_PAGER
PAGER

Если результат запроса не помещается на экране, он пропускается через эту программу. Обычно это more или less. От использования постраничника можно отказаться, присвоив переменной PSQL_PAGER или PAGER пустую строку, либо изменив соответствующие параметры с помощью команды \pset. Данные переменные просматриваются в этом же порядке; используется первая установленная. Если не установлена ни одна из переменных, в большинстве платформ используется more, а в Cygwin — less.

PSQLRC

Альтернативное расположение пользовательского файла .psqlrc. Допускается использование тильды (~).

SHELL

Команда операционной системы, выполняемая метакомандой \!.

TMPDIR

Каталог для хранения временных файлов. По умолчанию /tmp.

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Файлы

psqlrc и ~/.psqlrc

При запуске без параметра -x программа psql пытается считать и выполнить команды из общесистемного стартового файла (psqlrc), а затем из персонального стартового файла пользователя (~/.psqlrc), после подключения к базе данных, но перед получением обычных команд. Этими файлами можно воспользоваться для настройки клиента и/или сервера, как правило, с помощью команд \set и SET.

Общесистемный стартовый файл называется psqlrc, он будет искаться в каталоге установки «конфигурация системы». Для того чтобы узнать этот каталог, надёжнее всего выполнить команду pg_config --sysconfdir. По умолчанию он расположен в ../etc/ относительно каталога, содержащего исполняемые файлы PostgreSQL. Имя этого каталога можно задать явно через переменную окружения PGSYSCONFDIR.

Персональный стартовый файл пользователя называется .psqlrc, он будет искаться в домашнем каталоге вызывающего пользователя. В Windows, где отсутствует такое понятие, персональный стартовый файл называется %APPDATA%\postgresql\psqlrc.conf. Расположение персонального стартового файла пользователя можно задать явно через переменную окружения PSQLRC.

Оба стартовых файла, общесистемный и персональный, можно привязать к конкретной версии psql. Для этого в конце имени файла нужно добавить номер основного или корректирующего

релиза PostgreSQL, например `~/.psqlrc-9.2` или `~/.psqlrc-9.2.5`. При наличии нескольких файлов, файл с более детальным номером версии будет иметь предпочтение.

`.psql_history`

История командной строки хранится в файле `~/.psql_history` или `%APPDATA%\postgresql\psql_history` на Windows.

Расположение файла истории можно задать явно через переменную `psql HISTFILE` или через переменную окружения `PSQL_HISTORY`.

Замечания

- `psql` лучше всего работает с серверами той же или более старой основной версии. Сбой мета-команды наиболее вероятен, если версия сервера новее, чем версия `psql`. Однако, команды семейства `\d` должны работать с версиями сервера до 7.4, хотя и необязательно с серверами новее, чем сам `psql`. Общая функциональность запуска SQL-команд и отображения результатов запросов также должна работать на серверах с более новой основной версией, но это не гарантируется во всех случаях.

Если вы хотите, применяя `psql`, подключаться к нескольким серверам с различными основными версиями, рекомендуется использовать последнюю версию `psql`. Также можно собрать копии `psql` от каждой основной версии и использовать ту, которая соответствует версии сервера. Но на практике в этих дополнительных сложностях нет необходимости.

- В PostgreSQL до версии 9.6 параметр `-c` подразумевал `-X (--no-psqlrc)`; теперь это не так.
- В PostgreSQL до 8.4 программа `psql` могла принять первый аргумент однобуквенной команды с обратной косой чертой сразу после команды, без промежуточного пробела. Теперь разделительный пробельный символ обязателен.

Замечания для пользователей Windows

`psql` создан как «консольное приложение». Поскольку в Windows консольные окна используют кодировку символов отличную от той, что используется для остальной системы, нужно проявить особую осторожность при использовании 8-битных символов. Если `psql` обнаружит проблемную кодовую страницу консоли, он предупредит вас при запуске. Чтобы изменить кодовую страницу консоли, необходимы две вещи:

- Задать кодовую страницу, выполнив `cmd.exe /c chcp 1251`. (1251 это кодовая страница для России, замените на ваше значение.) При использовании Cygwin, эту команду можно записать в `/etc/profile`.
- Установите консольный шрифт в Lucida Console, потому что растровый шрифт не работает с кодовой страницей ANSI.

Примеры

Первый пример показывает, что для ввода одной команды может потребоваться несколько строк. Обратите внимание, как меняется приглашение:

```
testdb=> CREATE TABLE my_table (
testdb(>   first integer not null default 0,
testdb(>   second text)
testdb-> ;
CREATE TABLE
```

Теперь посмотрим на определение таблицы:

```
testdb=> \d my_table
        Таблица "public.my_table"
Столбец |  Тип   | Правило сортировки | Допустимость NULL | По умолчанию
first   | integer |                     | not null           |              0
```

```
second | text |
```

Теперь изменим приглашение на что-то более интересное:

```
testdb=> \set PROMPT1 '%n%m %~%R%# '
peter@localhost testdb=>
```

Предположим, что вы внесли данные в таблицу и хотите на них посмотреть:

```
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
first | second
-----+-----
1 | Один
2 | Два
3 | Три
4 | Четыре
(4 строки)
```

Таблицу можно вывести разными способами при помощи команды \pset:

```
peter@localhost testdb=> \pset border 2
Установлен стиль границ: 2.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
+-----+-----+
| first | second |
+-----+-----+
| 1 | Один |
| 2 | Два |
| 3 | Три |
| 4 | Четыре |
+-----+-----+
(4 строки)
```

```
peter@localhost testdb=> \pset border 0
Установлен стиль границ: 0.
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
first second
-----
1 Один
2 Два
3 Три
4 Четыре
(4 строки)
```

```
peter@localhost testdb=> \pset border 1
Установлен стиль границ: 1.
peter@localhost testdb=> \pset format unaligned
Формат вывода: unaligned.
peter@localhost testdb=> \pset fieldsep ','
Разделитель полей: ",".
peter@localhost testdb=> \pset tuples_only
Выводятся только кортежи.
peter@localhost testdb=> SELECT second, first FROM my_table;
Один,1
Два,2
Три,3
Четыре,4
```

Также можно использовать короткие команды:

```
peter@localhost testdb=> \a \t \x
Формат вывода: aligned.
```


Режим вывода только кортежей выключен.

Расширенный вывод включён.

```
peter@localhost testdb=> SELECT * FROM my_table;
```

```
-[ RECORD 1 ]-
first  | 1
second | Один
-[ RECORD 2 ]-
first  | 2
second | Два
-[ RECORD 3 ]-
first  | 3
second | Три
-[ RECORD 4 ]-
first  | 4
second | Четыре
```

Когда это уместно, результаты запроса можно просмотреть в виде перекрёстной таблицы с помощью команды `\crosstabview`:

```
testdb=> SELECT first, second, first > 2 AS gt2 FROM my_table;
```

```
first | second | gt2
-----+-----+-----
1 | one    | f
2 | two    | f
3 | three  | t
4 | four   | t
(4 rows)
```

```
testdb=> \crosstabview first second
```

```
first | one | two | three | four
-----+-----+-----+-----+-----
1 | f   |     |       | 
2 |     | f   |       | 
3 |     |     | t     | 
4 |     |     |       | t
(4 rows)
```

Второй пример показывает таблицу умножения, строки в которой отсортированы в обратном числовом порядке, а столбцы — независимо, по возрастанию числовых значений.

```
testdb=> SELECT t1.first as "A", t2.first+100 AS "B", t1.first*(t2.first+100) as "AxB",
```

```
testdb(> row_number() over(order by t2.first) AS ord
```

```
testdb(> FROM my_table t1 CROSS JOIN my_table t2 ORDER BY 1 DESC
```

```
testdb(> \crosstabview "A" "B" "AxB" ord
```

```
A | 101 | 102 | 103 | 104
---+---+---+---+---
4 | 404 | 408 | 412 | 416
3 | 303 | 306 | 309 | 312
2 | 202 | 204 | 206 | 208
1 | 101 | 102 | 103 | 104
(4 rows)
```

reindexdb

reindexdb — переиндексировать базу данных PostgreSQL

Синтаксис

```
reindexdb [параметр-подключения...] [параметр...] [ --schema | -S схема ] ... [ --table | -t таблица ] ... [ --index | -i индекс ] ... [имя_бд]
```

```
reindexdb [параметр-подключения...] [параметр...] --all | -a
```

```
reindexdb [параметр-подключения...] [параметр...] --system | -s [имя_бд]
```

Описание

Утилита reindexdb предназначена для перестроения индексов в базе данных PostgreSQL.

Утилита reindexdb представляет собой обёртку SQL-команды REINDEX. Переиндексация базы данных с её помощью по сути не отличается от переиндексации при обращении к серверу другими способами.

Параметры

reindexdb принимает следующие аргументы командной строки:

-a
--all

Переиндексировать все базы данных.

[-d] имя_бд
[--dbname=] имя_бд

Задаёт имя базы данных, подлежащей переиндексации. Если это имя не задано и отсутствует параметр -a (или --all), имя базы данных берётся из переменной окружения PGDATABASE. Если и эта переменная не задана, выбирается имя подключающегося пользователя.

-e
--echo

Выводить команды, которые reindexdb генерирует и передаёт серверу.

-i индекс
--index=индекс

Пересоздать только указанный индекс. Добавив дополнительные ключи -i, можно пересоздать несколько индексов.

-q
--quiet

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

-s
--system

Переиндексировать системные каталоги базы данных.

-S схема
--schema=схема

Переиндексировать только указанную схему. Переиндексировать несколько схем можно, добавив несколько ключей -S.

`-t таблица`
`--table=таблица`

Переиндексировать только указанную *таблицу*. Переиндексировать несколько таблиц можно, добавив несколько ключей `-t`.

`-v`
`--verbose`

Вывести подробную информацию во время процесса.

`-V`
`--version`

Сообщить версию reindexdb и завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку по аргументам командной строки reindexdb и завершиться.

Утилита reindexdb также принимает следующие аргументы командной строки в качестве параметров подключения:

`-h сервер`
`--host=сервер`

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как reindexdb запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, reindexdb лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=имя_бд`

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут находиться другие базы, подлежащие переиндексации. По умолчанию используется `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

Переменные окружения

```
PGDATABASE
PGHOST
PGPORT
PGUSER
```

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к описаниям REINDEX и psql, где обсуждаются потенциальные проблемы и сообщения об ошибках. Учтите, что на целевом компьютере должен работать сервер баз данных. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека libpq.

Замечания

Утилите reindexdb может потребоваться подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз, и при этом она будет каждый раз запрашивать пароль. В таких случаях удобно иметь файл ~/.pgpass. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.15.

Примеры

Переиндексирование базы данных test:

```
$ reindexdb test
```

Переиндексирование таблицы foo и индекса bar в базе данных abcd:

```
$ reindexdb --table=foo --index=bar abcd
```

См. также

REINDEX

vacuumdb

vacuumdb — выполнить очистку и анализ базы данных PostgreSQL

Синтаксис

```
vacuumdb [параметр-подключения...] [параметр...] [--table | -t таблица [( столбец [,...] )]] ... [имя_бд]
```

```
vacuumdb [параметр-подключения...] [параметр...] --all | -a
```

Описание

Утилита vacuumdb предназначена для очистки базы данных PostgreSQL. Кроме того, vacuumdb генерирует внутреннюю статистику, которую использует оптимизатор запросов PostgreSQL.

Утилита vacuumdb представляют собой обёртку SQL-команды VACUUM. Выполнение очистки и анализа баз данных с её помощью по сути не отличается от выполнения тех же действий при обращении к серверу другими способами.

Параметры

Утилита vacuumdb принимает следующие аргументы командной строки:

```
-a  
--all
```

Очистить все базы данных.

```
[-d] имя_бд  
[--dbname=] имя_бд
```

Задаёт имя базы данных, подлежащей очистке. Если это имя не задано и отсутствует параметр -a (или --all), имя базы данных берётся из переменной окружения PGDATABASE. Если и эта переменная не задана, выбирается имя подключающегося пользователя.

```
-e  
--echo
```

Выводить команды, которые vacuumdb генерирует и передаёт серверу.

```
-f  
--full
```

Произвести «полную» очистку.

```
-F  
--freeze
```

Агрессивно «замораживать» версии строк.

```
-j njobs  
--jobs=njobs
```

Выполнять команды VACUUM или ANALYZE в параллельном режиме, запуская одновременно njobs команд. Это сокращает время обработки, но увеличивает нагрузку на сервер.

vacuumdb откроет njobs подключений к базе данных, так что убедитесь в том, что значение max_connections достаточно велико, чтобы все эти подключения были приняты.

Заметьте, что использование этого режима с параметром -f (FULL) может привести к отказам из-за взаимоблокировок, если параллельно начнут обрабатываться определённые системные каталоги.

-q
--quiet

Подавлять вывод сообщений о прогрессе выполнения.

-t *таблица* [(*столбец* [, ...])]
--table=*таблица* [(*столбец* [, ...])]

Производить очистку или анализ только указанной *таблицы*. Имена столбцов можно указать только в сочетании с параметрами `--analyze` и `--analyze-only`. Добавив дополнительные ключи `-t`, можно обработать несколько таблиц.

Подсказка

Если вы указываете столбцы, вам, вероятно, придётся экранировать скобки в оболочке. (См. примеры ниже.)

-v
--verbose

Вывести подробную информацию во время процесса.

-V
--version

Сообщить версию vacuumdb и завершиться.

-z
--analyze

Также вычислить статистику для оптимизатора.

-Z
--analyze-only

Только вычислить статистику для оптимизатора (не производить очистку).

--analyze-in-stages

Только вычислить статистику для оптимизатора (без очистки), подобно `--analyze-only`. Но для скорейшего получения полезной статистики, выполнить анализ в несколько проходов (в настоящее время, три) с разными параметрами.

Этот параметр полезен при необходимости провести анализ базы данных, только что наполненной данными из архива или командой `pg_upgrade`. С этим параметром vacuumdb постарается получить некоторую статистику как можно скорее, чтобы базой можно было пользоваться, а на следующих проходах вычислит полную статистику.

-?
--help

Показать справку по аргументам командной строки vacuumdb и завершиться.

Утилита `reindexdb` также принимает следующие аргументы командной строки в качестве параметров подключения:

-h *сервер*
--host=*сервер*

Указывает имя компьютера, на котором работает сервер. Если значение начинается с косой черты, оно определяет каталог Unix-сокета.

`-p порт`
`--port=порт`

Указывает TCP-порт или расширение файла локального Unix-сокета, через который сервер принимает подключения.

`-U имя_пользователя`
`--username=имя_пользователя`

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`
`--password`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `vacuumdb` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `vacuumdb` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-w`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

`--maintenance-db=имя_бд`

Задаёт имя базы данных, через подключение к которой будут находиться другие базы, подлежащие очистке. По умолчанию используется `postgres`, а в случае её отсутствия — `template1`.

Переменные окружения

`PGDATABASE`
`PGHOST`
`PGPORT`
`PGUSER`

Параметры подключения по умолчанию

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Диагностика

В случае возникновения трудностей, обратитесь к описаниям `VACUUM` и `psql`, где обсуждаются потенциальные проблемы и сообщения об ошибках. Учтите, что на целевом компьютере должен работать сервер баз данных. При этом применяются все свойства подключения по умолчанию и переменные окружения, которые использует клиентская библиотека `libpq`.

Замечания

Утилите `vacuumdb` может потребоваться подключаться к серверу PostgreSQL несколько раз, и при этом она будет каждый раз запрашивать пароль. В таких случаях удобно иметь файл `~/.pgpass`. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 34.15.

Примеры

Очистка базы данных `test`:

```
$ vacuumdb test
```

Очистка и анализ для оптимизатора базы данных bigdb:

```
$ vacuumdb --analyze bigdb
```

Очистка одной таблицы foo в базе данных xyzy и анализ только столбца bar таблицы для оптимизатора:

```
$ vacuumdb --analyze --verbose --table='foo(bar) ' xyzy
```

См. также

VACUUM

Серверные приложения PostgreSQL

В этой части содержится справочная информация о серверных приложениях и вспомогательных утилитах PostgreSQL. Описываемые команды могут быть полезны только на том компьютере, где работает сервер баз данных. Другие утилиты рассмотрены в Справке: «Клиентские приложения PostgreSQL».

initdb

initdb — создать кластер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

```
initdb [параметр...] [ --pgdata | -D ]каталог
```

Описание

Команда `initdb` создаёт новый кластер баз данных PostgreSQL. Кластер — это коллекция баз данных под управлением единого экземпляра сервера.

Инициализация кластера базы данных заключается в создании каталогов для хранения данных, формировании общих системных таблиц (относящихся ко всему кластеру, а не к какой-либо базе) и создании баз данных `template1` и `postgres`. Впоследствии все новые базы создаются на основе шаблона `template1` (все дополнения, установленные в `template1` автоматически копируются в каждую новую базу данных). База `postgres` используется пользователями, утилитами и сторонними приложениями по умолчанию.

При попытке создать каталог для хранения данных `initdb` может столкнуться с нехваткой прав доступа, если этот каталог принадлежит суперпользователю `root`. В таком случае необходимо назначить пользователя базы данных владельцем этого каталога при помощи `chown`. Затем выполнить `su` для смены пользователя и дальнейшего выполнения `initdb`.

Команда `initdb` должна выполняться от имени пользователя, под которым будет запускаться сервер, так как ему необходим полный доступ к файлам и каталогам, создаваемым `initdb`. Сервер не может запускаться от имени суперпользователя, поэтому выполнение команды `initdb` от его лица будет отклонено.

Из соображений безопасности новый кластер, созданный программой `initdb`, будет доступен только для владельца кластера. Ключ `--allow-group-access` позволяет разрешить чтение файлов в кластере всем пользователям, входящим в группу владельца кластера. Это полезно для выполнения резервного копирования от имени непривилегированного пользователя.

`initdb` инициализирует локали и кодировки баз данных кластера, которые будут использоваться по умолчанию. Кодировка, порядок сортировки (`LC_COLLATE`), классы наборов символов (`LC_CTYPE`, например, заглавные, строчные буквы, цифры) могут устанавливаться отдельно при создании новой базы данных. `initdb` определяет параметры локали для шаблона `template1`, которые будут применяться по умолчанию для новых баз.

Чтобы изменить порядок сортировки по умолчанию или классы наборов символов, используются параметры `--lc-collate` и `--lc-ctype`. Порядок сортировки, отличающийся от `C` или `POSIX`, оказывает влияние на производительность. Поэтому необходимо тщательно выбирать необходимую и достаточную локаль при выполнении `initdb`.

Другие категории локали можно изменить и после старта сервера. Также можно использовать параметр `--locale`, чтобы задать локаль для всех категорий одновременно, включая порядок сортировки и классы наборов символов. Значения локалей сервера (`lc_*`) можно вывести командой `SHOW ALL`. Узнать об этом больше можно в Разделе 23.1.

Для изменения кодировки по умолчанию используется параметр `--encoding`. Узнать об этом больше можно в Разделе 23.3.

Параметры

`-A authmethod`
`--auth=authmethod`

Параметр определяет метод аутентификации по умолчанию для локальных пользователей, используемый в файле `pg_hba.conf` (строки `host` и `local`). Программа `initdb` предварительно внесёт указанный метод аутентификации в `pg_hba.conf` в записи как обычных соединений, так и соединений для репликации.

Не используйте `trust`, если не можете доверять всем локальным пользователям в вашей системе. Режим `trust` используется по умолчанию для облегчения процесса установки.

`--auth-host=authmethod`

Параметр указывает метод аутентификации для локальных пользователей, подключающихся по TCP/IP, используемый в `pg_hba.conf` (строки `host`).

`--auth-local=authmethod`

Параметр выбирает метод аутентификации локальных пользователей, подключающихся через Unix-сокеты, используемый в `pg_hba.conf` (строки `local`).

`-D каталог`
`--pgdata=каталог`

Параметр указывает каталог хранения данных кластера. Это единственный обязательный параметр для команды `initdb`. При этом его можно указать в переменной окружения `PGDATA`, что будет удобным при дальнейшем использовании (`postgres` обращается к этой же переменной).

`-E кодировка`
`--encoding=кодировка`

Устанавливает кодировку шаблона и новых баз данных по умолчанию, если не указать иное при их создании. По умолчанию устанавливается исходя из указанной локали, и далее, если не удалось определить, выбирается `SQL_ASCII`. Кодировки, поддерживаемые сервером PostgreSQL, описаны в Подразделе 23.3.1.

`-g`
`--allow-group-access`

Позволяет пользователям, входящим в группу владельца кластера, читать все файлы кластера, создаваемые программой `initdb`.

`-k`
`--data-checksums`

Применять контрольные суммы на страницах данных для выявления сбоев при вводе/выводе, которые иначе останутся незамеченными. Расчёт контрольных сумм может значительно повлиять на производительность. Этот режим можно включить только при инициализации и нельзя изменить позже. Когда контрольные суммы включены, они рассчитываются для всех объектов и во всех базах данных.

`--locale=локаль`

Устанавливает локаль кластера по умолчанию. Если флаг не указан, локаль устанавливается согласно окружению, в котором выполняется команда `initdb`. Поддерживаемые локали описаны в Разделе 23.1.

--lc-collate=локаль
--lc-ctype=локаль
--lc-messages=локаль
--lc-monetary=локаль
--lc-numeric=локаль
--lc-time=локаль

Аналогично --locale устанавливает необходимую локаль, но в заданной категории.

--no-locale

Аналогично флагу --locale=C.

-N

--no-sync

По умолчанию initdb ждёт, пока все файлы не будут надёжно записаны на диск. С данным параметром initdb завершается немедленно, то есть выполняется быстрее, но в случае неожиданного сбоя операционной системы каталог данных может оказаться испорченным. Вообще этот параметр предназначен прежде всего для тестирования, для производственной среды он не подходит.

--pwfile=имя_файла

Принуждает initdb читать пароль суперпользователя базы данных из файла, первая строка которого используется в качестве пароля.

-S

--sync-only

Безопасно записывает все файлы базы на диск и останавливается. Другие операции initdb при этом не выполняются.

-T конфигурация

--text-search-config=конфигурация

Устанавливает конфигурацию текстового поиска по умолчанию. За дополнительными сведениями обратитесь к default_text_search_config.

-U имя_пользователя

--username=имя_пользователя

Устанавливает имя суперпользователя базы данных. По умолчанию используется имя пользователя ОС, запустившего initdb. По факту, само по себе имя суперпользователя базы данных не важно, но этот параметр позволяет оставить привычное postgres, если имя пользователя ОС другое.

-W

--pwprompt

Указывает initdb запросить пароль, который будет назначен суперпользователю базы данных. Это не важно, если не планируется использовать аутентификацию по паролю. В ином случае этот режим аутентификации оказывается неприменимым, пока пароль не задан.

-X каталог

--waldir=каталог

Этот параметр указывает каталог для хранения журнала предзаписи.

--wal-segsize=размер

Задаёт размер сегмента WAL, в мегабайтах. Такой размер будет иметь каждый отдельный файл в журнале WAL. По умолчанию размер равен 16 мегабайтам. Значение должно задаваться сте-

пенью 2 от 1 до 1024 (в мегабайтах). Этот параметр можно установить только во время инициализации и нельзя изменить позже.

Этот размер бывает полезно поменять при тонкой настройке трансляции или архивации WAL. Кроме того, в базах данных с WAL большого объёма огромное количество файлов WAL в каталоге может стать проблемой с точки зрения производительности и администрирования. Увеличение размера файлов WAL приводит к уменьшению числа этих файлов.

Другие реже используемые параметры описаны здесь:

`-d`
`--debug`
Выводит отладочные сообщения загрузчика и ряд других сообщений, не очень интересных широкой публике. Загрузчик — это приложение `initdb`, используемое для создания каталога таблиц. С этим параметром выдаётся очень много крайне скучных сообщений.

`-L каталог`
Указывает `initdb`, где необходимо искать входные файлы для развёртывания кластера. Обычно это не требуется. Приложение само запросит эти данные, если будет необходимо.

`-n`
`--no-clean`
По умолчанию, при выявлении ошибки на этапе развёртывания кластера, `initdb` удаляет все файлы, которые к тому моменту были созданы. Параметр предотвращает очистку файлов для целей отладки.

Прочие параметры:

`-V`
`--version`
Выводит версию `initdb` и останавливается.

`-?`
`--help`
Показывает помощь по аргументам команды `initdb` и останавливается.

Переменные окружения

`PGDATA`
Указывает каталог хранения данных кластера, можно изменить параметром `-D`.

`TZ`
Указывает часовой пояс кластера по умолчанию. Значение — это полное имя часового пояса (см. Подраздел 8.5.3).

Эта утилита, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные среды, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Замечания

`initdb` можно выполнить командой `pg_ctl initdb`.

См. также

`pg_ctl`, `postgres`

pg_archivecleanup

pg_archivecleanup — вычистить файлы архивов WAL PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_archivecleanup [параметр...] расположение_архива старейший_сохраняемый_файл
```

Описание

Утилита `pg_archivecleanup` предназначена для использования в качестве `archive_cleanup_command` для удаления старых файлов WAL на резервном сервере (см. Раздел 26.2). `pg_archivecleanup` можно использовать и как отдельную программу для выполнения тех же действий.

Чтобы использовать `pg_archivecleanup` на резервном сервере, добавьте эту строку в файл конфигурации `recovery.conf`:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup расположение_архива %r'
```

Здесь *расположение_архива* определяет каталог, из которого должны удаляться файлы сегментов WAL.

Вызываемая в качестве `archive_cleanup_command`, эта программа просматривает *расположение_архива* и удаляет все файлы WAL, логически предшествующие значению аргумента `%r`. Целью этой операции является сокращение числа сохраняемых файлов без потери возможности восстановления при перезапуске. Такой вариант использования уместен, когда *расположение_архива* указывает на область рабочих файлов конкретного резервного сервера, но не когда *расположение_архива* — каталог с архивом WAL для долговременного хранения, или когда несколько резервных серверов восстанавливают записи WAL из одного расположения.

При отдельном использовании этой программы из каталога *расположение_архива* будут удалены все файлы WAL, логически предшествующие файлу *старейший_сохраняемый_файл*. В этом режиме, если вы укажете имя файла с расширением `.partial` или `.backup`, *старейший_сохраняемый_файл* будет определяться по имени без расширения. Благодаря такой интерпретации расширения `.backup` будут корректно удалены все файлы WAL, заархивированные до определённой базовой копии. Например, следующая команда удалит все файлы старше файла WAL с именем `0000000100000003700000010`:

```
pg_archivecleanup -d archive 0000000100000003700000010.00000020.backup
```

```
pg_archivecleanup: keep WAL file "archive/0000000100000003700000010" and later
pg_archivecleanup: removing file "archive/000000010000000370000000F"
pg_archivecleanup: removing file "archive/000000010000000370000000E"
```

`pg_archivecleanup` рассчитывает на то, что *расположение_архива* доступно для чтения и записи пользователю, владеющему серверным процессом.

Параметры

`pg_archivecleanup` принимает следующие аргументы командной строки:

`-d`

Выводить подробные отладочные сообщения в `stderr`.

`-n`

Вывести имена файлов, которые должны быть удалены, в `stdout` (не выполняя удаление).

-V
--version

Вывести версию pg_archivecleanup и завершиться.

-x *расширение*

Установить расширение, которое будет убрано из имён файлов до принятия решения об удалении определённых файлов. Это обычно полезно для очистки файлов архивов, которые сжимаются для хранения и получают расширение, задаваемое программой сжатия. Например: -x .gz.

-?
--help

Вывести справку об аргументах командной строки pg_archivecleanup и завершиться.

Замечания

Программа pg_archivecleanup рассчитана на работу с PostgreSQL 8.0 и новее как отдельная утилита, а также с PostgreSQL 9.0 и новее как команда очистки архива.

Программа pg_archivecleanup написана на C; её исходный код легко поддаётся модификации (он содержит секции, предназначенные для изменения при надобности)

Примеры

В системах Linux или Unix можно использовать команду:

```
archive_cleanup_command = 'pg_archivecleanup -d /mnt/standby/archive %r 2>>cleanup.log'
```

Предполагается, что каталог архива физически располагается на резервном сервере, так что команда archive_command обращается к нему по NFS, но для резервного сервера эти файлы локальные. Эта команда будет:

- выводить отладочную информацию в cleanup.log
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

См. также

pg_standby

pg_controldata

pg_controldata — вывести управляющую информацию кластера баз данных PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_controldata [параметр] [[ --pgdata | -D ]datadir]
```

Описание

pg_controldata показывает свойства, установленные командой `initdb`, например, версию каталога. Она также выводит сведения о работе журнала предзаписи и контрольных точках. Эта информация относится ко всему кластеру, а не к отдельной базе данных.

Утилита запускается от лица пользователя, создавшего кластер, так как требует права на чтение в каталоге хранения данных. Можно указать путь к каталогу из командной строки, либо использовать значение переменной окружения `PGDATA`. Также поддерживаются флаги `-V` и `--version`, которые выводят версию `pg_controldata` и прерывают выполнение. Флаги `-?` и `--help` отображают помощь по поддерживаемым командой аргументам.

Переменные окружения

PGDATA

Каталог размещения данных кластера по умолчанию

pg_ctl

pg_ctl — инициализировать, запустить, остановить или управлять сервером PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_ctl init [db] [-D каталог_данных] [-s] [-o параметры-initdb]

pg_ctl start [-D каталог_данных] [-l имя_файла] [-W] [-t секунды] [-s] [-o параметры] [-p путь] [-c]

pg_ctl stop [-D каталог_данных] [-m s[mart] | f[ast] | i[mmediate] ] [-W] [-t секунды] [-s]

pg_ctl restart [-D каталог_данных] [-m s[mart] | f[ast] | i[mmediate] ] [-W] [-t секунды] [-s] [-o параметры] [-c]

pg_ctl reload [-D каталог_данных] [-s]

pg_ctl status [-D каталог_данных]

pg_ctl promote [-D каталог_данных] [-W] [-t секунды] [-s]

pg_ctl kill имя_сигнала ид_процесса
```

В системах Microsoft Windows также:

```
pg_ctl register [-D каталог_данных] [-N имя_службы] [-U имя_пользователя] [-P пароль] [-S a[uto] | d[emand] ] [-e source] [-W] [-t секунды] [-s] [-o параметры]

pg_ctl unregister [-N имя_службы]
```

Описание

pg_ctl — это утилита для начальной инициализации, запуска, остановки, повторного запуска и управления кластером баз данных PostgreSQL (postgres). Сервер можно стартовать в ручном режиме, но pg_ctl реализует задачи направления вывода в журнал и отсоединения от терминала и группы процессов, а также предоставляет удобный интерфейс остановки кластера.

Команда `init` (`initdb`) создаёт кластер баз данных PostgreSQL, то есть коллекцию баз данных, которой будет управлять один экземпляр сервера. Эта команда вызывает программу `initdb`. За подробностями обратитесь к `initdb`.

Команда `start` запускает сервер. Процесс запускается в фоне, а стандартный ввод связывается с `/dev/null` (или `nul` в Windows). По умолчанию в Unix-подобных системах вывод и ошибки сервера пишутся в устройство стандартного вывода (не ошибок) `pg_ctl`. Вывод `pg_ctl` следует перенаправить в файл или процесс, например, приложение ротации журналов `rotatelogs`; иначе `postgres` будет писать вывод в управляющий терминал (в фоновом режиме) и останется в группе процессов оболочки. В Windows вывод и ошибки сервера по умолчанию перенаправляются в терминал. Это поведение по умолчанию можно изменить и направить вывод сервера в файл, добавив ключ `-l`. Предпочтительными вариантами является использование `-l` или перенаправление вывода.

Команда `stop` останавливает сервер, работающий с указанным каталогом данных. Параметр `-m` позволяет выбрать один из трёх режимов остановки. Режим «Smart» ожидает отключения всех активных клиентов и завершения всех текущих процессов резервного копирования. Если сервер работает в режиме горячего резерва, восстановление и потоковая репликация будут прерваны, как только отключатся все клиенты. Режим «Fast» (выбираемый по умолчанию) не ожидает отключения клиентов и завершает все текущие процессы резервного копирования. Все активные транзакции откатываются, а клиенты принудительно отключаются, после чего сервер останавливается. Режим «Immediate» незамедлительно прерывает все серверные процессы, не выполняя процеду-

ру штатной остановки. Этот вариант влечёт необходимость выполнить восстановление после сбоя при следующем запуске сервера.

Команда `restart` по сути производит остановку и последующий запуск сервера. Это позволяет изменить параметры командной строки `postgres` либо применить изменения в файле конфигурации, не вступающие в силу без перезапуска сервера. Если в командной строке при запуске сервера указывались относительные пути, команда `restart` может не выполниться, если вызвать `pg_ctl` не в том каталоге, где производился предыдущий запуск.

Команда `reload` просто посылает процессу сервера `postgres` сигнал `SIGHUP`, получив который он перечитывает свои файлы конфигурации (`postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и т. д.). Это позволяет применить изменения параметров в файле конфигурации, не требующие полного перезапуска сервера.

Команда `status` проверяет, работает ли сервер в указанном каталоге данных. Если да, она выдаёт PID сервера и параметры командной строки, с которыми он был запущен. Если сервер не работает, `pg_ctl` возвращает код выхода 3. Если в параметрах не указан доступный каталог данных, `pg_ctl` возвращает код выхода 4.

Команда `promote` указывает серверу, работающему в режиме резерва с указанным каталогом данных, выйти из этого режима и начать операции чтения/записи.

Команда `kill` передаёт сигнал заданному процессу. Прежде все это полезно в Microsoft Windows, где отсутствует встроенная команда `kill`. Для получения списка имён поддерживаемых сигналов воспользуйтесь ключом `--help`.

Команда `register` регистрирует сервер PostgreSQL в качестве системной службы в Microsoft Windows. Параметр `-s` позволяет выбрать тип запуска службы: «auto» (запускать службу автоматически при загрузке системы) или «demand» (запускать службу по требованию).

Режим `unregister` разрегистрирует системную службу в Microsoft Windows. Эта операция отменяет действие команды `register`.

Параметры

`-c`
`--core-files`

Способствует сбросу дампа памяти процесса при крахе сервера на платформах, где это возможно, поднимая мягкие ограничения, задаваемые для файлов дампа. Это полезно при отладке и диагностике проблем, так как позволяет получить трассировку стека отказавшего процесса сервера.

`-D каталог_данных`
`--pgdata=каталог_данных`

Указывает размещение конфигурационных файлов кластера. Если этот ключ опущен, используется значение переменной окружения `PGDATA`.

`-l имя_файла`
`--log=имя_файла`

Направляет вывод сообщений сервера в файл `имя_файла`. Файл создаётся, если он ещё не существует. При этом устанавливается `umask 077`, что предотвращает доступ других пользователей к этому файлу.

`-m режим`
`--mode=режим`

Задаёт режим остановки кластера. Значением `режим` может быть `smart`, `fast` или `immediate`, либо первая буква этих вариантов. Если этот ключ опущен, по умолчанию выбирается режим `fast`.

`-o` *параметры*
`--options=параметры`

Указывает параметры, которые будут передаваться непосредственно программе `postgres`. Ключ `-o` можно указывать несколько раз, при этом ей будут переданы параметры из всех ключей.

Задаваемые *параметры* обычно следует обрамлять одинарными или двойными кавычками, чтобы они передавались одной группой.

`-o` *параметры-initdb*
`--options=параметры-initdb`

Указывает параметры, которые будут передаваться непосредственно программе `initdb`. Ключ `-o` можно указывать несколько раз, при этом ей будут переданы параметры из всех ключей.

Задаваемые *параметры-initdb* обычно следует обрамлять одинарными или двойными кавычками, чтобы они передавались вместе одной группой.

`-p` *путь*

Указывает размещение исполняемого файла `postgres`. По умолчанию задействуется исполняемый файл `postgres` из того же каталога, из которого запускался `pg_ctl`, а если это невозможно, из жёстко заданного каталога инсталляции. Применять этот параметр может понадобиться, только если вы делаете что-то необычное или получаете сообщения, что найти исполняемый файл `postgres` не удаётся.

В режиме `init` этот параметр аналогичным образом задаёт размещение исполняемого файла `initdb`.

`-s`
`--silent`

Выводить лишь ошибки, без сообщений информационного характера.

`-t` *секунды*
`--timeout=секунды`

Задаёт максимальное время (в секундах) ожидания завершения операции (см. параметр `-w`). По умолчанию действует значение переменной среды `PGCTLTIMEOUT` или, если оно не задано, 60 секунд.

`-V`
`--version`

Выводит версию `pg_ctl` и прерывает выполнение.

`-w`
`--wait`

Ждать завершения операции. Этот режим поддерживается для команд `start`, `stop`, `restart`, `promote` и `register`.

В процессе ожидания `pg_ctl` постоянно проверяет PID-файл сервера, приостанавливаясь на короткое время между проверками. Запуск считается завершённым, когда PID-файл указывает на то, что сервер готов принимать подключения. Остановка считается завершённой, когда сервер удаляет свой PID-файл. Программа `pg_ctl` возвращает код выхода в зависимости от успеха запуска или остановки.

Если операция не заканчивается за отведённое время (см. параметр `-t`), программа `pg_ctl` завершается с ненулевым кодом выхода. Но заметьте, что при этом выполнение операции может продолжиться и в конце концов увенчаться успехом.

-W
--no-wait

Не ждать завершения операции. Этот режим противоположен режиму `-w`.

Если ожидание отключено, запрошенное действие вызывается, но о его результате ничего не известно. В этом случае для проверки текущего состояния и результата операции потребуется обратиться к файлу журнала сервера или воспользоваться внешней системой мониторинга.

В предыдущих выпусках PostgreSQL этот режим действовал по умолчанию (кроме команды `stop`).

-?
--help

Вывести справку по команде `pg_ctl` и прервать выполнение.

Если некоторый параметр является допустимым, но не применим к выбранному режиму работы, `pg_ctl` игнорирует его.

Параметры, специфичные для Windows

-e *source*

Имя источника событий, с которым `pg_ctl` будет записывать в системный журнал события при запуске в виде службы Windows. Имя по умолчанию — PostgreSQL. Заметьте, что это влияет только на сообщения, которые выдаёт сам `pg_ctl`; как только сервер запустится, он будет использовать источник событий, заданный в `event_source`. Если произойдёт ошибка при запуске сервера на ранней стадии, прежде чем будет считан этот параметр, он может также выдавать сообщения с источником по умолчанию PostgreSQL.

-N *имя_службы*

Имя регистрируемой системной службы. Оно станет и собственно именем службы, и отображаемым именем. По умолчанию — PostgreSQL.

-P *пароль*

Пароль для пользователя, запускающего службу.

-S *тип-запуска*

Тип запуска системной службы. В качестве значения *тип-запуска* можно задать `auto`, `demand` или первую букву этих слов. По умолчанию выбирается тип `auto`.

-U *имя_пользователя*

Имя пользователя, от имени которого будут запущена служба. Для доменных пользователей используйте формат `DOMAIN\username`.

Переменные окружения

PGCTLTIMEOUT

Значение по умолчанию для максимального времени ожидания запуска или остановки сервера (в секундах). По умолчанию это время составляет 60 секунд.

PGDATA

Размещение каталога хранения данных по умолчанию.

Для большинства режимов `pg_ctl` требуется знать расположение каталога данных; поэтому если не задана переменная `PGDATA`, параметр `-D` является обязательным.

`pg_ctl`, как и большинство других утилит PostgreSQL, также использует переменные окружения, поддерживаемые `libpq` (см. Раздел 34.14).

Список дополнительных переменных, влияющих на работу сервера, можно найти в postgres.

Файлы

postmaster.pid

Проверяя этот файл в каталоге данных, pg_ctl определяет, работает ли сервер в настоящий момент.

postmaster.opts

Если файл существует в каталоге хранения данных, то pg_ctl (при restart) передаст его содержимое в качестве аргументов postgres, если не указаны иные значения в -o. Содержимое файла также отображается при вызове в режиме status.

Примеры

Запуск сервера

Запуск сервера и ожидание момента, когда он начнёт принимать подключения:

```
$ pg_ctl start
```

Чтобы запустить сервер с использованием порта 5433 и без fsync, выполните:

```
$ pg_ctl -o "-F -p 5433" start
```

Остановка сервера

Чтобы остановить сервер, выполните:

```
$ pg_ctl stop
```

Ключ -m позволяет управлять тем, как сервер будет остановлен:

```
$ pg_ctl stop -m smart
```

Повторный запуск сервера

Перезапуск сервера почти равнозначен остановке и запуску сервера за исключением того, что по умолчанию pg_ctl сохраняет параметры командной строки, которые были переданы ранее запущенному экземпляру. Таким образом, чтобы перезапустить сервер с теми же параметрами, с какими он был запущен, выполните:

```
$ pg_ctl restart
```

Но если добавляется ключ -o, он заменяет все предыдущие параметры. Эта команда осуществит перезапуск с использованием порта 5433 и без fsync:

```
$ pg_ctl -o "-F -p 5433" restart
```

Вывод состояния сервера

Ниже представлен примерный вывод pg_ctl:

```
$ pg_ctl status
```

```
pg_ctl: server is running (PID: 13718)  
/usr/local/pgsql/bin/postgres "-D" "/usr/local/pgsql/data" "-p" "5433" "-B" "128"
```

Во второй строке показывается команда, которая будет выполнена в режиме перезапуска.

См. также

initdb, postgres

pg_resetwal

`pg_resetwal` — очистка журнала предзаписи и другой управляющей информации кластера PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_resetwal [ --force | -f ] [ --dry-run | -n ] [параметр...] [ --pgdata | -D ]каталог_данных
```

Описание

`pg_resetwal` очищает журнал предзаписи (WAL) и может сбросить некоторую другую управляющую информацию, хранящуюся в файле `pg_control`. Данная функция может быть востребована при повреждении этих файлов. Использовать её нужно только как крайнюю меру, когда запуск сервера оказывается невозможен из-за этого повреждения.

После выполнения этой команды запуск сервера, скорее всего, будет возможен, однако стоит учитывать, что база данных может содержать несогласованные данные из-за транзакций, зафиксированных частично. Вы должны немедленно выгрузить данные, выполнить `initdb`, а затем восстановить данные. После этого проверьте целостность базы и внесите необходимые коррективы.

Эту утилиту может запускать только пользователь, установивший сервер, так как ей нужны права записи/чтения в каталоге хранения данных кластера. В целях безопасности каталог необходимо указывать в командной строке. `pg_resetwal` не поддерживает переменную окружения `PGDATA`.

Если `pg_resetwal` выводит сообщение о невозможности определить данные из `pg_control`, то команду можно запустить принудительно, указав `-f`. В этом случае будут использованы наиболее вероятные значения. Для большинства полей это нормально, но для некоторых может потребоваться явное указание: следующее значение OID, следующее значение ID транзакции и времени, ID мультитранзакции и смещение, начальная позиция WAL. Эти значения можно указать с помощью описанных далее параметров. Если их невозможно определить, то флаг `f` позволяет это обойти, однако, достоверность данных восстановленной базы останется под сомнением: крайне необходимо незамедлительно выгрузить и затем восстановить данные. *Не* выполняйте никаких операций модификации до создания дампа данных, так как это может привести к ещё более печальным последствиям.

Параметры

`-f`
`--force`

Принудительно выполнять `pg_resetwal`, даже если не удаётся получить приемлемые данные из `pg_control`, как описано выше.

`-n`
`--dry-run`

С ключом `-n/--dry-run` команда `pg_resetwal` отображает значения, извлечённые из `pg_control`, а также значения, которые планируется изменить, и завершается, не внося никаких изменений. Это, прежде всего, средство отладки, хотя оно может быть полезно и для того, чтобы проверить корректность параметров, прежде чем `pg_resetwal` начнёт что-либо делать.

`-V`
`--version`

Показать версию, а затем завершиться.

`-?`
`--help`

Показать справку, а затем завершиться.

Следующие параметры необходимы, только когда `pg_resetwal` не может определить подходящие значения, прочитав `pg_control`. Безопасные значения можно определить, как описано ниже. Для значений, принимающих числовые аргументы, можно задать шестнадцатеричные значения, добавив префикс `0x`.

```
-c xid,xid
--commit-timestamp-ids=xid,xid
```

Вручную задать идентификаторы старейшей и новейшей транзакций, для которых можно получить время фиксации.

Безопасное значение идентификатора старейшей транзакции, для которой можно получить время фиксации (первый компонент), можно определить, найдя наименьшее в числовом виде имя файла в каталоге `pg_commit_ts` внутри каталога данных. Безопасное значение идентификатора новейшей транзакции, для которой можно получить время фиксации (второй компонент), можно определить, найдя, напротив, наибольшее в числовом виде имя файла в том же каталоге. Числа в именах этих файлов представлены в шестнадцатеричном формате.

```
-e эпоха_xid
--epoch=эпоха_xid
```

Вручную задать эпоху в ID следующей транзакции.

Эпоха идентификаторов транзакции не хранится в базе данных нигде, кроме поля, устанавливаемого командой `pg_resetwal`, поэтому если рассматривать собственно базу, допустимым будет любое значение. Это значение, возможно, понадобится скорректировать для обеспечения правильной работы системы репликации, например, Slony-I и Skytools. В этом случае подходящее значение следует получить из состояния нижележащей реплицированной базы данных.

```
-l walfile
--next-wal-file=walfile
```

Вручную задать начальную позицию WAL, указав имя файла следующего сегмента WAL.

Имя файла следующего сегмента WAL должно превышать имена любых других файлов сегментов WAL, в настоящее время находящихся в подкаталоге `pg_wal` каталога данных. Эти имена тоже представлены в шестнадцатеричном виде и состоят из трёх частей. Первая из них — «ID линии времени» и её обычно не следует менять. Например, если `000000010000003200000004A` — наибольшее значение в `pg_wal`, нужно указать `-l 000000010000003200000004B` или большее число.

Заметьте, что при использовании нестандартных размеров сегментов WAL числа в именах файлов WAL отличаются от LSN, выдаваемых системными функциями и представлениями. Этот параметр принимает имя файла WAL, а не LSN.

Примечание

`pg_resetwal` ищет среди файлов каталога `pg_wal`, и по умолчанию выбирает значение для флага `-l`, идущее следующим после найденного. Таким образом, вручную задавать параметр `-l` нужно лишь если известно о существовании сегментов WAL, отсутствующих в настоящий момент в каталоге `pg_wal` (например, они могут находиться в отдельном архиве); либо если содержимое `pg_wal` было полностью утеряно.

```
-m mxid,mxid
--multixact-ids=mxid,mxid
```

Вручную задать ID следующей и старейшей мультитранзакции.

Безопасное значение следующего идентификатора мультитранзакции (первый компонент) можно вычислить, найдя наибольшее числовое значение среди имён файлов, расположенных

в каталоге `pg_multixact/offsets`. К найденному значению необходимо прибавить один, затем умножить на 65536 (0x10000). Для вычисления безопасного значения ID старейшей мультитранзакции (второй компонент `-m`) необходимо найти наименьшее числовое значение среди тех же файлов, и умножить его на 65536. Имена файлов представляются в шестнадцатеричном формате, так что значения проще указывать в нём же, добавив в конце четыре нуля.

```
-o oid
--next-oid=oid
```

Вручную задать следующий OID.

Не существует относительно простого способа вычисления следующего за наибольшим из существующих значением OID, однако это не критично.

```
-O mxoff
--multixact-offset=mxoff
```

Вручную задать смещение следующей мультитранзакции.

Безопасное значение можно определить, найдя наибольшее числовое значение в имени файла в каталоге `pg_multixact/members`, прибавив один и умножив результат на 52352 (0xCC80). Имена файлов представлены в шестнадцатеричном формате. Простого рецепта с прибавлением нулей в конце, как для других параметров, в данном случае нет.

```
--wal-segsize=размер_сегмента_wal
```

Задать другой размер сегмента WAL, в мегабайтах. Значение параметра должно быть степенью 2 от 1 до 1024 (в мегабайтах). Подробнее о нём можно узнать в описании такого же параметра `initdb`.

Примечание

Хотя `pg_resetwal` выбирает стартовый адрес WAL, превышающий номер последнего существующего файла сегмента WAL, при некоторых изменениях размера предыдущие имена файлов WAL могут использоваться повторно. Если наложение имён файлов WAL приведёт к проблемам с вашей стратегией архивации, рекомендуется использовать `-l` вместе с этим ключом, чтобы вручную задать начальный адрес WAL.

```
-x xid
--next-transaction-id=xid
```

Вручную задать ID следующей транзакции.

Безопасное значение можно определить, найдя наибольшее числовое значение в имени файла в подкаталоге `pg_xact` каталога данных, прибавив один и умножив результат на 1048576 (0x100000). Заметьте, что имена файлов представлены в шестнадцатеричном формате. Значение этого параметра обычно также проще задавать в шестнадцатеричном виде. Например, если 0011 — наибольшее значение в `pg_xact`, подходящим значением будет `-x 0x1200000` (нужный множитель дают пять последних нулей).

Замечания

Эту команду нельзя выполнять на работающем сервере. `pg_resetwal` отклонит выполнение при обнаруженном блокирующем файле в каталоге хранения данных. Иногда при аварии сервера блокирующий файл может остаться в системе. В этом случае необходимо самостоятельно удалить его, чтобы дать возможность `pg_resetwal` отработать. Перед выполнением операции дважды проверьте, что сервер остановлен.

`pg_resetwal` работает только с серверами той же основной версии.

См. также

pg_controldata

pg_rewind

`pg_rewind` — синхронизировать каталог данных PostgreSQL с другим каталогом, ответвлённым от него

Синтаксис

```
pg_rewind [параметр...] { -D | --target-pgdata } каталог { --source-pgdata=каталог | --source-server=строка_подключения }
```

Описание

Утилита `pg_rewind` представляет собой средство синхронизации кластера PostgreSQL с другой копией того же кластера после расхождения линий времени этих кластеров. Обычный сценарий её использования — вернуть в работу старый главный сервер после переключения на резервный, в качестве резервного для сервера, ставшего главным.

Её результат равнозначен замене целевого каталога данных исходным. В файлах отношений она копирует только изменённые блоки; все остальные файлы, включая файлы конфигурации, копируются целиком. Преимущество `pg_rewind` по сравнению с созданием новой базовой копии или такими средствами, как `rsync`, состоит в том, что `pg_rewind` не читает неизменённые блоки в кластере. Благодаря этому она действует гораздо быстрее, когда база данных большая, но различия между кластерами ограничиваются лишь небольшим количеством блоков.

Утилита `pg_rewind` изучает истории линий времени исходного и целевого кластеров с целью найти точку, в которой они разошлись, и ожидает найти журналы WAL в каталоге `pg_wal` целевого кластера вплоть до точки расхождения. Точка расхождения может быть найдена на целевой или исходной линии времени либо в их общем предке. В типичном сценарии отработки отказа, когда целевой кластер отключается вскоре после расхождения, это не проблема, но если целевой кластер проработал долгое время после расхождения, старые файлы WAL могут быть уже удалены. В этом случае их можно вручную скопировать из архива WAL в каталог `pg_wal` либо считать при запуске, настроив `recovery.conf`. Варианты использования `pg_rewind` не ограничиваются отработкой отказа; например, резервный сервер может быть повышен, выполнить несколько транзакций с записью, а затем, после восстановления синхронизации, вновь стать резервным.

Когда целевой сервер запускается в первый раз после выполнения `pg_rewind`, он переходит в режим восстановления и воспроизводит все изменения из WAL с исходного сервера после точки расхождения. Если какие-то сегменты WAL оказались недоступны на исходном сервере, когда выполнялась `pg_rewind`, и поэтому не могли быть скопированы в ходе работы `pg_rewind`, их необходимо предоставить, когда сервер будет запускаться. Это можно сделать, создав в целевом каталоге данных файл `recovery.conf` с подходящей командой `restore_command`.

Утилита `pg_rewind` требует, чтобы на целевом сервере был либо включён режим `wal_log_hints` в `postgresql.conf`, либо включены контрольные суммы, когда кластер был инициализирован командой `initdb`. Оба эти режима по умолчанию отключены. Также должен быть включён режим `full_page_writes`, но он по умолчанию включён.

Предупреждение

Если во время работы `pg_rewind` происходит ошибка, вероятнее всего, целевой каталог данных будет в состоянии, не подходящем для восстановления. В этом случае рекомендуется сделать новую резервную копию.

Программа `pg_rewind` немедленно прекращает работу, если обнаруживает файлы, непосредственная запись в которые невозможна. Это может иметь место, например, когда на исходном и целевом серверах совпадают пути файлов сертификатов и ключей SSL, доступных только для чтения. Если такие файлы существуют на целевом сервере, их рекомендуется удалить до запуска `pg_rewind`. После выполнения синхронизации

некоторые из таких файлов могут быть скопированы из источника и тогда может потребоваться удалить скопированные данные и восстановить ссылки/файлы, существовавшие до синхронизации.

Параметры

pg_rewind принимает следующие аргументы командной строки:

`-D каталог`

`--target-pgdata=каталог`

Этот параметр задаёт целевой каталог данных, который будет синхронизирован с источником. Целевой сервер должен быть отключён штатным образом до запуска pg_rewind

`--source-pgdata=каталог`

Задаёт путь в файловой системе к каталогу данных исходного сервера, с которым будет синхронизироваться целевой. Для применения этого ключа исходный сервер должен быть остановлен штатным образом.

`--source-server=строка_подключения`

Задаёт строку подключения libpq для подключения к исходному серверу PostgreSQL, с которым будет синхронизирован целевой. Подключение должно устанавливаться как обычное (не реплицирующее) с правами суперпользователя. Для применения этого параметра исходный сервер должен быть запущен и работать не в режиме восстановления.

`-n`

`--dry-run`

Делать всё, кроме внесения изменений в целевой каталог.

`-P`

`--progress`

Включает вывод сообщений о прогрессе. При этом в процессе копирования данных из исходного кластера будет выдаваться приблизительный процент выполнения.

`--debug`

Выводить подробные отладочные сообщения, полезные в основном для разработчиков, отлаживающих pg_rewind.

`-V`

`--version`

Показать версию, а затем завершиться.

`-?`

`--help`

Показать справку, а затем завершиться.

Переменные окружения

Когда используется `--source-server`, pg_rewind также использует переменные среды, поддерживаемые libpq (см. Раздел 34.14).

Замечания

Как это работает

Основная идея состоит в том, чтобы перенести все изменения на уровне файловой системы из исходного кластера в целевой:

1. Просканировать журнал WAL в целевом кластере, начиная с последней контрольной точки перед моментом, когда история линии времени исходного кластера разошлась с целевым кластером. Для каждой записи WAL отметить, какие блоки данных были затронуты. В результате будет получен список всех блоков данных, которые были изменены в целевом кластере после отделения исходного.
2. Скопировать все эти изменённые блоки из исходного кластера в целевой либо на уровне файловой системы (`--source-pgdata`), либо на уровне SQL (`--source-server`).
3. Скопировать все остальные файлы, в частности `pg_xact` и файлы конфигурации, из исходного кластера в целевой (пропуская при этом файлы отношений). Как и при базовом копировании, содержимое каталогов `pg_dynshmem/`, `pg_notify/`, `pg_replslot/`, `pg_serial/`, `pg_snapshots/`, `pg_stat_tmp/` и `pg_subtrans/` исключается из данных, копируемых из исходного кластера. Также исключаются файлы или каталоги с именами, начинающимися с `pgsql_tmp`, а также файлы `backup_label`, `tablespace_map`, `pg_internal.init`, `postmaster.opts` и `postmaster.pid`.
4. Применить WAL из исходного кластера, начиная с контрольной точки, созданной при отработке отказа. (Строго говоря, утилита `pg_rewind` не применяет WAL, она просто создаёт файл метки резервной копии, обнаружив который, PostgreSQL начинает воспроизведение всех записей WAL от этой контрольной точки.)

pg_test_fsync

pg_test_fsync — подобрать наилучший вариант wal_sync_method для PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_test_fsync [параметр...]
```

Описание

Программа pg_test_fsync предназначена для того, чтобы дать вам представление о том, какой из вариантов wal_sync_method оптимален для вашей конкретной системы, а также выдать вспомогательные диагностические сведения в случае проблем со вводом/выводом. Однако отличия, показанные программой pg_test_fsync, могут не оказывать большого влияния на реальную производительность баз данных, в частности потому, что для многих серверов баз данных производительность упирается не в запись журналов предзаписи. pg_test_fsync выводит среднее время операции синхронизации с ФС для каждого метода wal_sync_method, что также может быть полезно при поиске оптимального значения commit_delay.

Параметры

pg_test_fsync принимает следующие параметры командной строки:

```
-f  
--filename
```

Задаёт имя файла для записи данных тестов. Этот файл должен находиться в той же файловой системе, где размещается или будет размещаться каталог pg_wal. (В каталоге pg_wal содержатся файлы WAL.) По умолчанию выбирается файл pg_test_fsync.out в текущем каталоге.

```
-s  
--secs-per-test
```

Задаёт продолжительность каждого теста (в секундах). Чем больше длится тест, тем точнее результат, но тем дольше работает программа. Со значением по умолчанию (5 секунд) программа должна завершиться примерно за 2 минуты.

```
-V  
--version
```

Вывести версию pg_test_fsync и завершиться.

```
 -?  
--help
```

Вывести справку об аргументах командной строки pg_test_fsync и завершиться.

См. также

postgres

pg_test_timing

pg_test_timing — определить издержки замера времени

Синтаксис

pg_test_timing [параметр...]

Описание

Программа pg_test_timing позволяет оценить издержки замера времени в вашей системе и убедиться в том, что системное время никогда не идёт назад. Системы, в которых замер времени является длительной операцией, дают менее точные результаты EXPLAIN ANALYZE.

Параметры

pg_test_timing принимает следующие аргументы командной строки:

-d *длительность*

--duration=*длительность*

Задаёт продолжительность теста (в секундах). Чем больше эта продолжительность, тем выше точность и больше вероятность обнаружить аномалию с обратным ходом системных часов. По умолчанию время тестирования — 3 секунды.

-V

--version

Вывести версию pg_test_timing и завершиться.

-?

--help

Вывести справку об аргументах командной строки pg_test_timing и завершиться.

Использование

Интерпретация результатов

В благоприятном случае практически все (>90%) отдельные вызовы замеров времени должны выполняться быстрее одной микросекунды. Средние издержки замера на цикл должны быть ещё меньше, в пределах 100 наносекунд. Эта проба, взятая в системе Intel i7-860 через источник времени TSC, показывает отличную производительность:

Testing timing overhead for 3 seconds.

Per loop time including overhead: 35.96 ns

Histogram of timing durations:

< us	% of total	count
1	96.40465	80435604
2	3.59518	2999652
4	0.00015	126
8	0.00002	13
16	0.00000	2

Заметьте, что время вызова в цикле и время в гистограмме выражается в разных единицах. Время в цикле может определяться с точностью до наносекунд (ns), а длительность отдельного вызова замера времени — только с точностью до микросекунд (us).

Измерение издержек исполнителя на замер времени

Когда исполнитель запроса выполняет запрос под контролем EXPLAIN ANALYZE, замеряется не только общее время, но и время отдельных операций. Каковы издержки этих операций в вашей системе, можно узнать, подсчитав строки тестовой таблицы в программе psql:

```
CREATE TABLE t AS SELECT * FROM generate_series(1,100000);
\timing
SELECT COUNT(*) FROM t;
EXPLAIN ANALYZE SELECT COUNT(*) FROM t;
```

В системе i7-860 этот запрос выполняется 9.8 мс, а версия с EXPLAIN ANALYZE — 16.6 мс, при этом обрабатывается около 100 000 строк. Это различие в 6.8 мс означает, что издержки замера времени для одной строки составляют около 68 нс, примерно вдвое больше, чем предсказала pg_test_timing. Даже с такими относительно небольшими издержками операция COUNT с полным подсчётом времени выполняется почти на 70% дольше. На более сложных запросах издержки замера времени могут быть не так важны.

Смена источника времени

В некоторых современных системах Linux можно в любой момент сменить источник времени, который используется для замера времени. Второй пример иллюстрирует возможное замедление от переключения на более медленный источник времени acpi_pm time в той же системе, в которой были получены показанные выше хорошие результаты:

```
# cat /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/available_clocksource
tsc hpet acpi_pm
# echo acpi_pm > /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/current_clocksource
# pg_test_timing
Per loop time including overhead: 722.92 ns
Histogram of timing durations:
  < us    % of total    count
    1     27.84870    1155682
    2     72.05956    2990371
    4      0.07810     3241
    8      0.01357      563
   16      0.00007        3
```

В этой конфигурации тот же EXPLAIN ANALYZE выполняется 115.9 мс. Таким образом издержки составили 1061 нс, что соответствует непосредственному результату этой утилиты с небольшим коэффициентом. Такие большие издержки означают, что сам запрос выполняется лишь небольшой процент всего времени, а основное время уходит на замеры времени. В такой конфигурации временные показатели EXPLAIN ANALYZE для запросов со множеством замеряемых операций значительно увеличатся за счёт издержек замера времени.

FreeBSD так же позволяет сменять источник времени «на лету» и выводит информацию о выбранном таймере при загрузке:

```
# dmesg | grep "Timecounter"
Timecounter "ACPI-fast" frequency 3579545 Hz quality 900
Timecounter "i8254" frequency 1193182 Hz quality 0
Timecounters tick every 10.000 msec
Timecounter "TSC" frequency 2531787134 Hz quality 800
# sysctl kern.timecounter.hardware=TSC
kern.timecounter.hardware: ACPI-fast -> TSC
```

Другие системы могут допускать смену источника времени только при загрузке. В старых системах Linux это можно было сделать только с помощью параметра ядра «clock». И даже в некоторых самых последних системах можно увидеть только один источник времени — jiffies. Это старая программная реализация часов в Linux, которая может давать хорошее разрешение, когда поддерживается достаточно хорошим оборудованием, как в этом примере:

```
$ cat /sys/devices/system/clocksource/clocksource0/available_clocksource
jiffies
$ dmesg | grep time.c
time.c: Using 3.579545 MHz WALL PM GTOD PIT/TSC timer.
```

```
time.c: Detected 2400.153 MHz processor.
$ pg_test_timing
Testing timing overhead for 3 seconds.
Per timing duration including loop overhead: 97.75 ns
Histogram of timing durations:
  < us    % of total    count
    1      90.23734    27694571
    2       9.75277     2993204
    4       0.00981       3010
    8       0.00007        22
   16       0.00000         1
   32       0.00000         1
```

Аппаратные часы и точность замера времени

Измерение времени обычно осуществляется на компьютерах по аппаратным часам, точность которых может быть разного уровня. С некоторым оборудованием операционные системы могут передавать время системных часов непосредственно программам. Также системное время может поступать с чипа, который просто генерирует прерывания по времени, с заведомо известным периодом. В любом случае ядра операционных систем предоставляют источник времени, который скрывает эти детали. Но точность этого источника и возможная скорость получения результатов от него зависят от нижележащего оборудования.

Неточность в замерах времени может приводить к нестабильности системы. Поэтому стоит очень тщательно протестировать выбранный источник времени. Иногда по умолчанию в ОС выбирается источник не более точный, а более надёжный. И если вы используете виртуальную машину, поинтересуйтесь, какие источники времени рекомендуется использовать с ней. Имитация таймеров на виртуальном оборудовании связана с дополнительными сложностями, и производители средств виртуализации часто рекомендуют определённые параметры для операционных систем.

Источник времени TSC (Time Stamp Counter, Счётчик отметки времени) наиболее точный из всех для процессоров текущего поколения. Его рекомендуется использовать для получения системного времени, когда он поддерживается операционной системой и показания TSC надёжны. Возможны ситуации, когда TSC не является точным источником времени, и таким образом, оказывается ненадёжным. Например, в старых системах показания TSC могут зависеть от температуры процессора, что не годится для точного замера времени. При попытке использовать TSC в некоторых старых многоядерных процессорах можно получить разное время на различных ядрах. В результате может оказаться, что время идёт назад (эту аномалию выявляет данная программа). И даже на самых современных системах не всегда можно получить точное время через TSC в режимах очень агрессивного энергосбережения.

Новые операционные системы могут проверять наличие известных проблем TSC и переключаться на более медленный, но более стабильный источник времени, если они проявляются. Если ваша система поддерживает источник TSC, но не выбирает его по умолчанию, возможно, он отключён обоснованно. С другой стороны, некоторые операционные системы могут не выявлять все возможные проблемы, либо разрешают использовать TSC даже в ситуациях, когда он определённо неточен.

HPET (High Precision Event Timer, Таймер событий высокой точности) рекомендуется использовать в системах, где он имеется, а TSC неточен. Сам этот чип можно запрограммировать для получения точности до 100 наносекунд, но системное время с такой точностью вы не получите.

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface, Расширенный интерфейс конфигурации и питания) обеспечивает таймер PM (Управления питанием), который в Linux называется `acpi_pm`. Время, поступающее из `acpi_pm`, в лучшем случае будет иметь разрешение 300 наносекунд.

На старом оборудовании PC применялись таймеры 8254 PIT (Programmable Interval Timer, Программируемый интервальный таймер), RTC (Real-Time Clock, Часы реального времени), таймер APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller, Расширенный программируемый контроллер прерываний) и Cyclone. Все эти таймеры обеспечивали точность до миллисекунд.

См. также

EXPLAIN

pg_upgrade

pg_upgrade — обновить экземпляр сервера PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_upgrade -b старый_каталог_bin -B новый_каталог_bin -d старый_каталог_конфигурации -D новый_каталог_конфигурации [параметр...]
```

Описание

Программа pg_upgrade (ранее называвшаяся pg_migrator) позволяет обновить данные в каталоге базы данных PostgreSQL до последней основной версии PostgreSQL без операции выгрузки/перезагрузки данных, обычно необходимой при обновлениях основной версии, например, при переходе от 9.5.8 к 9.6.4 или от 10.7 к 11.2. Эти действия не требуются при установке корректирующей версии, например, при переходе от 9.6.2 к 9.6.3 или от 10.1 к 10.2.

С выходом новых основных версий в PostgreSQL регулярно добавляются новые возможности, которые часто меняют структуру системных таблицы, но внутренний формат хранения меняется редко. Учитывая этот факт, pg_upgrade позволяет выполнить быстрое обновление, создавая системные таблицы заново, но сохраняя старые файлы данных. Если при обновлении основной версии формат хранения данных изменится так, что данные в старом формате окажутся нечитаемыми, pg_upgrade не сможет произвести такое обновление. (Сообщество разработчиков постарается не допустить подобных ситуаций.)

Программа pg_upgrade делает всё возможное, чтобы убедиться в том, что старый и новый кластеры двоично-совместимы, в частности проверяя параметры времени компиляции и разрядность (32/64 бита) исполняемых файлов. Важно, чтобы и все внешние модули тоже были двоично-совместимыми, хотя это pg_upgrade проверить не может.

pg_upgrade поддерживает обновление с версии 8.4.X и новее до текущей основной версии PostgreSQL, включая бета-выпуски и сборки снимков кода.

Параметры

pg_upgrade принимает следующие аргументы командной строки:

`-b каталог_bin`

`--old-bindir=каталог_bin`

каталог с исполняемыми файлами старой версии PostgreSQL; переменная окружения `PGBINOLD`

`-B каталог_bin`

`--new-bindir=каталог_bin`

каталог с исполняемыми файлами новой версии PostgreSQL; переменная окружения `PGBINNEW`

`-c`

`--check`

только проверить кластеры, не изменять никакие данные

`-d каталог_конфигурации`

`--old-datadir=каталог_конфигурации`

каталог конфигурации старого кластера; переменная окружения `PGDATAOLD`

`-D каталог_конфигурации`

`--new-datadir=каталог_конфигурации`

каталог конфигурации нового кластера; переменная окружения `PGDATANEW`

`-j`
`--jobs`
число одновременно задействуемых процессов или потоков

`-k`
`--link`
использовать жёсткие ссылки вместо копирования файлов в новый кластер

`-o` *параметры*
`--old-options` *параметры*
параметры, передаваемые непосредственно старой программе `postgres`; несколько параметров складываются вместе

`-O` *параметры*
`--new-options` *параметры*
параметры, передаваемые непосредственно новой программе `postgres`; несколько параметров складываются вместе

`-p` *порт*
`--old-port=порт`
номер порта старого кластера; переменная окружения `PGPORTOLD`

`-P` *порт*
`--new-port=порт`
номер порта нового кластера; переменная окружения `PGPORTNEW`

`-r`
`--retain`
сохранить SQL и журналы сообщений даже при успешном завершении

`-U` *имя_пользователя*
`--username=имя_пользователя`
имя пользователя, установившего кластер; переменная окружения `PGUSER`

`-v`
`--verbose`
включить подробные внутренние сообщения

`-V`
`--version`
показать версию, а затем завершиться

`-?`
`--help`
показать справку, а затем завершиться

Использование

Далее описан план обновления с использованием `pg_upgrade`:

1. Переместить старый кластер (необязательно)

Если ваш каталог инсталляции привязан к версии, например, `/opt/PostgreSQL/11`, перемещать его не требуется. Все графические инсталляторы выбирают при установке каталоги, привязанные к версии.

Если ваш каталог инсталляции не привязан к версии, например `/usr/local/pgsql`, необходимо переместить каталог текущей инсталляции PostgreSQL, чтобы он не конфликтовал с новой

инсталляцией PostgreSQL. Когда текущий сервер PostgreSQL отключён, каталог этой инсталляции PostgreSQL можно безопасно переместить; если старый каталог `/usr/local/pgsql`, его можно переименовать, выполнив:

```
mv /usr/local/pgsql /usr/local/pgsql.old
```

2. Собрать новую версию при установке из исходного кода

Соберите из исходного кода новую версию PostgreSQL с флагами `configure`, совместимыми с флагами старого кластера. Программа `pg_upgrade` проверит результаты `pg_controldata`, чтобы убедиться, что все параметры совместимы, прежде чем начинать обновление.

3. Установить новые исполняемые файлы PostgreSQL

Установите новые исполняемые файлы сервера и вспомогательные файлы. Программа `pg_upgrade` включена в инсталляцию по умолчанию.

При установке из исходного кода, если вы хотите разместить сервер в нестандартном каталоге, воспользуйтесь переменной `prefix`:

```
make prefix=/usr/local/pgsql.new install
```

4. Инициализировать новый кластер PostgreSQL

Инициализируйте новый кластер, используя `initdb`. При этом так же необходимо указать флаги `initdb`, совместимые с флагами в старом кластере. Многие готовые инсталляторы выполняют это действие автоматически. Запускать новый кластер не требуется.

5. Установите дополнительные разделяемые объектные файлы

Установите в новый кластер все нестандартные разделяемые объектные файлы (или DLL), которые использовались в старом кластере, например, `pgcrypto.so`, где бы они ни находились — в `contrib` или в другом месте. Устанавливать определения схемы (например, `CREATE EXTENSION pgcrypto`) не требуется, так как они будут перенесены из старого кластера. Кроме того, в новый кластер нужно скопировать и все нестандартные файлы поддержки полнотекстового поиска (словари, тезаурусы, списки синонимов и стоп-слов).

6. Настроить аутентификацию

Программа `pg_upgrade` будет подключаться к новому и старому серверу несколько раз, так что имеет смысл установить режим аутентификации `peer` в `pg_hba.conf` или использовать файл `~/.pgpass` (см. Раздел 34.15).

7. Остановить оба сервера

Убедитесь в том, что оба сервера баз данных остановлены. Для этого в Unix можно выполнить:

```
pg_ctl -D /opt/PostgreSQL/9.6 stop
pg_ctl -D /opt/PostgreSQL/11 stop
```

А в Windows, с соответствующими именами служб:

```
NET STOP postgresql-9.6
NET STOP postgresql-11
```

Ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала могут продолжать работать до последнего шага.

8. Подготовиться к обновлению ведомых серверов

Если вы производите обновление ведомых серверов (как описано в разделе Шаг 10), удостоверьтесь, что эти серверы находятся в актуальном состоянии, запустив `pg_controldata` в старых ведущем и ведомых кластерах. Убедитесь в том, что «Положение последней контрольной точки» во всех кластерах одинаковое. (Несовпадение будет иметь место, если старые ведомые серверы будут отключены раньше, чем старый ведущий, или если старые сервера продолжают работать.) Также смените `wal_level` на `replica` в файле `postgresql.conf` нового ведущего кластера.

9. Запустить pg_upgrade

Всегда запускайте программу `pg_upgrade` от нового сервера, а не от старого. `pg_upgrade` требует указания каталогов данных старого и нового кластера, а также каталогов исполняемых файлов (`bin`). Вы можете также определить имя пользователя и номера портов, и нужно ли копировать файлы данных (по умолчанию) или создавать ссылки на них.

Если выбрать вариант со ссылкой на данные, обновление выполнится гораздо быстрее (так как файлы не копируются) и потребует меньше места на диске, но вы лишитесь возможности обращаться к вашему старому кластеру, запустив новый после обновления. Этот вариант также требует, чтобы каталоги данных старого и нового кластера располагались в одной файловой системе. (Табличные пространства и `pg_wal` могут находиться в других файловых системах.) Полный список параметров вы можете получить, выполнив `pg_upgrade --help`.

Параметр `--jobs` позволяет задействовать для копирования/связывания файлов и для загрузки/перезагрузки схем баз данных несколько процессорных ядер. В качестве начального значения параметра стоит выбрать максимум из числа процессорных ядер и числа табличных пространств. Этот параметр может радикально сократить время обновления сервера со множеством баз данных, работающего в многопроцессорной системе.

В Windows вы должны войти в систему с административными полномочиями, затем запустить командную строку от имени пользователя `postgres`, задать подходящий путь:

```
RUNAS /USER:postgres "CMD.EXE"  
SET PATH=%PATH%;C:\Program Files\PostgreSQL\11\bin;
```

Наконец, запустить `pg_upgrade` с путями каталогов в кавычках, например, так:

```
pg_upgrade.exe  
  --old-datadir "C:/Program Files/PostgreSQL/9.6/data"  
  --new-datadir "C:/Program Files/PostgreSQL/11/data"  
  --old-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/9.6/bin"  
  --new-bindir "C:/Program Files/PostgreSQL/11/bin"
```

При запуске `pg_upgrade` проверит два кластера на совместимость и, если всё в порядке, выполнит обновление. Также возможно запустить `pg_upgrade --check`, чтобы ограничиться только проверками (при этом старый сервер может продолжать работать). Команда `pg_upgrade --check` также сообщит, какие коррективы вам нужно будет внести вручную после обновления. Если вы планируете использовать режим ссылок на данные, укажите вместе с `--check` параметр `--link`, чтобы были проведены специальные проверки для этого режима. Программе `pg_upgrade` требуются права на запись в текущий каталог.

Очевидно, никто не должен обращаться к кластерам в процессе обновления. Программа `pg_upgrade` по умолчанию запускает серверы с портом 50432, чтобы не допустить нежелательных клиентских подключений. В процессе обновления оба кластера могут использовать один номер порта, так как они не будут работать одновременно. Однако для проверки старого работающего сервера новый порт должен отличаться от старого.

Если при восстановлении схемы базы данных происходит ошибка, `pg_upgrade` завершает свою работу и вы должны вернуться к старому кластеру, как описывается ниже в Шаг 16. Чтобы попробовать `pg_upgrade` ещё раз, вы должны внести коррективы в старом кластере, чтобы `pg_upgrade` могла успешно восстановить схему. Если проблема возникла в модуле `contrib`, может потребоваться удалить этот модуль `contrib` в старом кластере, а затем установить его в новом после обновления (предполагается, что этот модуль не хранит пользовательские данные).

10. Обновить ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала

Если вы используете режим ссылок и у вас реализована потоковая репликация (см. Подраздел 26.2.5) или трансляция журнала (см. Раздел 26.2) для ведомых серверов, вы можете быстро обновить эти серверы следующим образом. Вам не нужно будет запускать на них `pg_upgrade`, вместо этого вы выполните `rsync` на ведущем. Не запускайте никакие серверы на этом этапе.

Если вы *не* используете режим ссылок, либо у вас нет rsync или вы не хотите его использовать, либо если вам нужен более простой вариант, пропустите инструкции в этом разделе и просто пересоздайте ведомые серверы сразу после завершения pg_upgrade и запуска нового ведущего сервера.

a. Установите новые исполняемые файлы PostgreSQL на ведомых серверах

Убедитесь в том, что на всех ведомых серверах установлены новые исполняемые и вспомогательные файлы.

b. Убедитесь в том, что новые каталоги данных на ведомых серверах ## существуют

Новые каталоги данных ведомых серверов должны *отсутствовать* либо быть пустыми. Если запускалась программа initdb, удалите новые каталоги данных на ведомых.

c. Установите дополнительные разделяемые объектные файлы

Установите на новых ведомых серверах те же дополнительные разделяемые объектные файлы, что вы установили в новом ведущем кластере.

d. Остановите ведомые серверы

Если ведомые серверы продолжают работу, остановите их, следуя приведённым выше инструкциям.

e. Сохраните файлы конфигурации

Сохраните все нужные вам файлы конфигурации из старых каталогов конфигурации ведомых серверов, в частности postgresql.conf и recovery.conf, так как они будут перезаписаны или удалены на следующем этапе.

f. Запустите rsync

Когда используется режим ссылок, ведомые серверы можно быстро обновить, применив rsync. Для этого в каталоге, внутри которого находятся каталоги старого и нового кластера, для каждого ведомого сервера выполните на *ведущем*:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive old_cluster
new_cluster remote_dir
```

Здесь каталоги old_cluster и new_cluster задаются относительно текущего каталога на ведущем, а remote_dir находится *над* каталогами старого и нового кластера на ведомом. Структура подкаталогов в заданных каталогах на ведущем и ведомых серверах должна быть одинаковой. Обратитесь к странице руководства rsync, где подробно описано, как указать удалённый каталог, например так:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive /opt/
PostgreSQL/9.5 \
/opt/PostgreSQL/9.6 standby.example.com:/opt/PostgreSQL
```

Проверить, что будет делать команда, можно, воспользовавшись параметром rsync --dry-run. Выполнить rsync на ведущем необходимо как минимум с одним ведомым, но затем, пока обновлённый ведомый остаётся остановленным, можно запускать rsync на нём для обновления других ведомых.

В ходе этой операции записываются ссылки, созданные режимом ссылок pg_upgrade, связывающие файлы нового и старого кластера на ведущем сервере. Затем в старом кластере ведомого находятся соответствующие файлы и в новом кластере ведомого создаются ссылки на них. Файлы, не связанные ссылками на ведущем, копируются с него на ведомый. (Обычно их объём невелик.) Это позволяет произвести обновление ведомого быстро. К сожалению, при этом rsync будет напрасно копировать файлы, связанные с временными и нежурналируемыми таблицами, так как они обычно не будут существовать на ведомых серверах.

Если у вас есть табличные пространства, вам потребуется выполнить подобную команду `rsync` для каталогов всех табличных пространств, например:

```
rsync --archive --delete --hard-links --size-only --no-inc-recursive /vol1/
pg_tblsp/PG_9.5_201510051 \
/vol1/pg_tblsp/PG_9.6_201608131 standby.example.com:/vol1/pg_tblsp
```

Если вы вынесли `pg_wal` за пределы каталогов данных, нужно будет запустить `rsync` и для этих каталогов.

g. Настройте ведомые серверы с потоковой репликацией и трансляцией журнала

Настройте серверы для трансляции журнала. (Запускать `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` или делать копию файловой системы не нужно, так как ведомые серверы остаются синхронизированными с ведущим.)

11. Восстановить `pg_hba.conf`

Если вы изменяли `pg_hba.conf`, восстановите его исходное состояние. Также может потребоваться скорректировать другие файлы конфигурации в новом кластере, чтобы они соответствовали старому, например `postgresql.conf`.

12. Запустить новый сервер

Теперь можно безопасно запустить новый сервер, а затем ведомые серверы, синхронизированные с ним с помощью `rsync`.

13. Действия после обновления

Если после обновления требуются какие-то дополнительные действия, программа `pg_upgrade` выдаст предупреждения об этом по завершении работы. Она также сгенерирует файлы скриптов, которые должны запускаться администратором. Эти скрипты будут подключаться к каждой базе данных, требующей дополнительных операций. Каждый такой скрипт следует выполнять командой:

```
psql --username=postgres --file=script.sql postgres
```

Эти скрипты могут выполняться в любом порядке, а после выполнения их можно удалить.

Внимание

Обычно к таблицам, задействованным в перестраивающих базу скриптах, опасно обращаться, пока эти скрипты не сделают свою работу; при этом можно получить некорректный результат или плохую производительность. К таблицам, не задействованным в таких скриптах, можно обращаться немедленно.

14. Статистика

Так как статистика оптимизатора не передаётся в процессе работы `pg_upgrade`, вы получите указание запустить соответствующую команду для воссоздания этой информации после обновления. Возможно, для этого вам понадобится установить параметры подключения к новому кластеру.

15. Удалить старый кластер

Если вы удовлетворены результатами обновления, вы можете удалить каталоги данных старого кластера, запустив скрипт, упомянутый в выводе `pg_upgrade` после обновления. (Автоматическое удаление невозможно, если в старом каталоге данных находятся дополнительные табличные пространства.) Также вы можете удалить каталоги старой инсталляции (например, `bin`, `share`).

16. Возврат к старому кластеру

Если выполнив команду `pg_upgrade`, вы захотите вернуться к старому кластеру, возможны следующие варианты:

- Если `pg_upgrade` запускалась с ключом `--check`, никакие изменения в старом кластере не производились и его использование можно продолжить в любой момент.
- Если `pg_upgrade` запускалась с параметром `--link`, файлы данных будут разделяться старым и новым кластером. Если новый кластер уже запускался, он произвёл запись в эти файлы, так что использовать старый кластер небезопасно.
- Если `pg_upgrade` запускалась без ключа `--link` или новый сервер не запускался, старый кластер не претерпел никаких изменений, за исключением того, что в режиме ссылки на данные к имени `$PGDATA/global/pg_control` было добавлено окончание `.old`. Чтобы продолжить использование старого кластера, можно просто убрать окончание `.old` из имени файла `$PGDATA/global/pg_control`; после этого старый кластер можно будет перезапустить.

Замечания

`pg_upgrade` не поддерживает обновление баз данных, в которых есть таблицы со столбцами, имеющими следующие системные типы данных `reg*`, ссылающиеся на OID: `regproc`, `regprocedure`, `regoper`, `regoperator`, `regconfig` и `regdictionary`. (Обновление `regtype` возможно.)

Программа `pg_upgrade` сообщит обо всех актуальных для вашей инсталляции ошибках и потребностях перестроения или переиндексации базы; при этом будут созданы завершающие обновление скрипты, перестраивающие таблицы или индексы. Если вы попытаетесь автоматизировать обновление множества серверов, вы обнаружите, что для кластеров с одинаковыми схемами баз данных потребуются одинаковые действия после обновления; это объясняется тем, что эти действия диктуются схемой базы данных, а не данными пользователей.

Для проверки развёртывания новой версии создайте копию только схемы старого кластера, заполните этот кластер фиктивными данными, и попробуйте обновить его.

Если вы производите обновление кластера PostgreSQL версии до 9.2, в которой используется каталог только с файлами конфигурации, вы должны передать расположение собственно каталога с данными программе `pg_upgrade`, а расположение каталога конфигурации передать серверу, например `-d /каталог-данных -o '-D /каталог-конфигурации'`.

Если вы используете старый сервер версии до 9.1, работающий с нестандартным каталогом Unix-сокетов, либо его стандартное расположение отличается от принятого в новой версии, задайте в `PGHOST` расположение сокета старого сервера. (К Windows это не относится.)

Если вы хотите использовать режим ссылок на данные, но не хотите каких-либо изменений в старом кластере при запуске нового, сделайте копию старого кластера и обновите его в этом режиме. Чтобы получить рабочую копию старого кластера, воспользуйтесь командой `rsync` и создайте предварительную копию кластера при работающем сервере, а затем отключите старый сервер и ещё раз запустите `rsync --checksum`, чтобы привести эту копию в согласованное состояние. (Ключ `--checksum` необходим, потому что `rsync` различает время с точностью только до секунд.) При этом вы можете исключить некоторые файлы, например `postmaster.pid`, как описано в Подразделе 25.3.3. Если ваша файловая система поддерживает снимки файловой системы или копирование при записи, вы можете воспользоваться этим для создания копии старого кластера и табличных пространств; при этом важно, чтобы такие снимки и копии файлов создавались одномоментно или когда сервер баз данных отключён.

См. также

`initdb`, `pg_ctl`, `pg_dump`, `postgres`

pg_verify_checksums

pg_verify_checksums — проверить контрольные суммы данных в кластере PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_verify_checksums [параметр...] [[ -D | --pgdata ]каталог_данных]
```

Описание

pg_verify_checksums проверяет контрольные суммы данных в кластере PostgreSQL. Для pg_verify_checksums требуется, чтобы сервер был остановлен в штатном режиме. Код состояния будет нулевым в случае ошибок контрольных сумм и ненулевым в противном случае.

Параметры

Принимаются следующие параметры командной строки:

```
-D каталог  
--pgdata=каталог
```

Указывает каталог, в котором располагается кластер баз данных.

```
-v  
--verbose
```

Выводить подробные сообщения, в частности список всех проверенных файлов.

```
-r файловый_узел_отношения
```

Проверять контрольные суммы только в отношении с указанным файловым узлом.

```
-V  
--version
```

Сообщить версию pg_verify_checksums и завершиться.

```
-?  
--help
```

Показать справку по аргументам командной строки pg_verify_checksums и завершиться.

Переменные окружения

PGDATA

Указывает каталог, в котором располагается кластер баз данных; можно переопределить параметром -D.

pg_waldump

pg_waldump — вывести журнал предзаписи кластера БД PostgreSQL в понятном человеку виде

Синтаксис

```
pg_waldump [параметр...] [начальный_сегмент [конечный_сегмент] ]
```

Описание

Программа pg_waldump показывает содержимое журнала предзаписи (WAL) и прежде всего полезна для целей отладки и обучения.

Эту утилиту может запускать только пользователь, установивший сервер, так как ей требуется доступ на чтение к каталогу данных.

Параметры

Следующие аргументы командной строки задают расположение данных и формат вывода:

начальный_сегмент

Начать чтение с указанного файла сегмента журнала. Это неявно определяет каталог, в котором будут находиться файлы, и целевую линию времени.

конечный_сегмент

Остановиться после чтения указанного файла сегмента журнала.

-b

--bkp-details

Выводить подробные сведения о блоках-копиях страниц.

-e *конец*

--end=*конец*

Прекратить чтение в заданной позиции в WAL, а не читать поток до конца.

-f

--follow

Достигнув конца корректного WAL, проверять раз в секунду поступление новых записей WAL.

-n *предел*

--limit=*предел*

Вывести заданное число записей и остановиться.

-p *путь*

--path=*путь*

Задаёт каталог, содержащий файлы сегментов журнала, либо каталог с подкаталогом pg_wal, содержащим такие файлы. По умолчанию в поисках этих файлов просматривается текущий каталог, подкаталог pg_wal текущего каталога и подкаталог pg_wal каталога PGDATA.

-r *менеджер_ресурсов*

--rmgr=*менеджер_ресурсов*

Выводить только записи, созданные указанным менеджером ресурсов. Когда в качестве имени менеджера передаётся list, программа выводит только список возможных имён менеджеров ресурсов и завершается.

`-s начало`
`--start=начало`

Позиция в WAL, с которой нужно начать чтение. По умолчанию чтение начинается с первой корректной записи журнала в самом первом из найденных файлов.

`-t линия_времени`
`--timeline=линия_времени`

Линия времени, из которой будут читаться записи журнала. По умолчанию используется значение, заданное параметром `начальный_сегмент`, если он присутствует, а иначе — 1.

`-V`
`--version`

Вывести версию `pg_waldump` и завершиться.

`-x ид_транзакции`
`--xid=ид_транзакции`

Вывести только записи, относящиеся к указанной транзакции.

`-z`
`--stats[=record]`

Вывести общую статистику (число и размер записей и образов полных страниц) вместо отдельных записей. Возможен вариант получения статистики по записям, а не по менеджерам ресурсов.

`-?`
`--help`

Вывести справку об аргументах командной строки `pg_waldump` и завершиться.

Замечания

Когда сервер работает, результаты могут быть некорректными.

Выводятся записи только указанной линии времени (или линии времени по умолчанию, если она не задана явно). Записи в других линиях времени игнорируются.

`pg_waldump` не будет читать файлы WAL с расширением `.partial`. Если требуется прочитать такие файлы, расширение `.partial` нужно убрать из их имён.

См. также

Раздел 30.5

postgres

postgres — Сервер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

postgres [параметр...]

Описание

postgres это сервер баз данных PostgreSQL. Для получения доступа к базе данных клиент устанавливает соединение (локально или по сети) с сервером postgres. После установки соединения сервер postgres поднимает выделенный процесс для его обслуживания.

Один экземпляр postgres всегда управляет данными ровно одного кластера баз данных. Кластер — это коллекция баз данных, хранящихся в файловой системе в определённом размещении («области данных»). На одном физическом сервере можно запустить несколько экземпляров postgres одновременно, при условии, что они используют различные области данных и порты. При запуске postgres необходимо указать размещение данных, которое задаётся в параметре `-D` или переменной окружения `PGDATA`, значение по умолчанию отсутствует. Обычно `-D` или `PGDATA` указывает на каталог, созданный во время развёртывания кластера с помощью `initdb`. Иные варианты рассмотрены в Разделе 19.2.

По умолчанию postgres запускается не в фоновом режиме, а вывод журнала осуществляет в стандартный поток ошибок. На практике postgres должен запускаться в фоновом режиме, возможно, при старте системы.

Команду postgres также возможно использовать в однопользовательском режиме. В основном этот режим используется на этапе начальной загрузки при выполнении `initdb`. Иногда также применяется в целях отладки или после аварийного сбоя. Стоит обратить внимание, что однопользовательский режим не совсем корректно использовать для отладки, так как условия далеки от реальных боевых. При запуске из командной строки в однопользовательском режиме можно вводить запросы и видеть результаты их выполнения на экране в форме пригодной для разработки, нежели конечных пользователей. Также в этом режиме ID сессионного пользователя выставляется в единицу, а пользователь неявно наделяется правами суперпользователя. Существование пользователя необязательно, поэтому режим можно использовать в некоторых ситуациях при повреждении системных каталогов.

Параметры

Программа postgres принимает следующие аргументы командной строки. За подробным описанием параметров обратитесь к Главе 19. От необходимости вводить большинство этих параметров можно избавиться, записав их в файл конфигурации. Некоторые (безопасные) параметры можно также задать со стороны подключающегося клиента (в зависимости от приложения), чтобы они применялись только к одному сеансу. Например, если установлена переменная окружения `PGOPTIONS`, клиенты на базе `libpq` передадут эту строку серверу, который воспримет её как параметры, передаваемые в командной строке postgres.

Параметры общего назначения

`-B количество-буферов`

Устанавливает количество разделяемых между процессами буферов. Значение по умолчанию выбирается автоматически при развёртывании кластера с помощью `initdb`. Установка флага аналогична конфигурации параметра `shared_buffers`.

`-C имя=значение`

Устанавливает заданный параметр времени исполнения. Конфигурационные параметры, поддерживаемые PostgreSQL, описаны в Главе 19. Большинство других параметров командной

строки на самом деле представляют собой краткие формы такого присвоения значений параметрам. Для установления нескольких параметров `-с` можно указывать многократно.

`-С` *имя*

Отображает значение заданного параметра времени исполнения и прерывает дальнейшее выполнение (подробнее см. выше). Можно применять на работающем сервере, при этом будут возвращены значения `postgresql.conf` с учётом проведённых в рамках вызова изменений. Значения, переданные при старте кластера, не отображаются.

Параметр предназначен для приложений, взаимодействующих с сервером, например, `pg_ctl`, и запрашивающих параметры конфигурации. Пользовательские приложения должны использовать команду `SHOW` или представление `pg_settings`.

`-d` *уровень-отладки*

Устанавливает уровень отладки (от 1 до 5). Чем выше значение, тем подробнее осуществляется вывод в журнал сервера. Также возможно передать `-d 0` для отдельной сессии, что предотвратит в её рамках влияние выставленного для `postgres` значения.

`-D` *datadir*

Указывает размещение конфигурационных файлов базы в пределах файловой системы. За подробностями обратитесь к Разделу 19.2.

`-e`

Устанавливает формат вводимых дат по умолчанию в «European» с последовательностью значений `DMY`. Также влияет на вывод дня, идущего перед значением месяца, более подробно см. Раздел 8.5.

`-F`

Отключает вызовы `fsync` для увеличения производительности, но с увеличением рисков потери данных в случае краха системы. Этот параметр работает аналогично параметру конфигурации `fsync`. Внимательно прочтите документацию перед использованием данного параметра!

`-h` *компьютер*

Указывает IP-адрес или имя компьютера, на котором сервер `postgres` принимает клиентские подключения по TCP/IP. Значением может быть список адресов, разделённых запятыми, либо символ `*`, обозначающий все доступные интерфейсы. Если значение опущено, то подключения принимаются только через Unix-сокеты. По умолчанию принимаются подключения только к `localhost`. Флаг работает аналогично конфигурационному параметру `listen_addresses`.

`-i`

Позволяет клиентам подключаться по TCP/IP. Без этого параметра допускаются лишь локальные подключения. Действие этого параметра аналогично действию параметра конфигурации `listen_addresses` со значением `*` в `postgresql.conf` или ключа `-h`.

Параметр устарел, так как не даёт полной функциональности `listen_addresses`. Лучше устанавливать значение `listen_addresses` напрямую.

`-k` *каталог*

Указывает каталог Unix-сокета, через который `postgres` будет принимать подключения. Значением параметра может быть список каталогов через запятую. Если это значение пустое, использование Unix-сокетов запрещается, разрешаются только подключения по TCP/IP. По умолчанию выбирается каталог `/tmp`, но его можно сменить на этапе компиляции. Этот параметр действует аналогично параметру конфигурации `unix_socket_directories`.

- l
Включает поддержку безопасных соединений с использованием SSL шифрования. PostgreSQL необходимо скомпилировать с поддержкой SSL для использования этого флага. Подробнее использование SSL описано в Раздел 18.9.
- N *максимальное количество соединений*
Устанавливает максимально возможное количество одновременных клиентских соединений. Значение по умолчанию устанавливается автоматически на этапе развёртывания с помощью initdb. Флаг работает аналогично конфигурационному параметру max_connections.
- o *дополнительные-параметры*
Аргументы командной строки, поступившие через *дополнительные-параметры*, передаются всем обслуживающим процессам, запускаемым этим процессом postgres.

Пробелы в строке *дополнительные-параметры* воспринимаются как разделяющие аргументы, если перед ними нет обратной косой черты (\); чтобы представить обратную косую черту буквально, продублируйте её (\\). Также можно задать несколько аргументов, используя -o несколько раз.

Использование этого параметра считается устаревшим, так как на данный момент все параметры postgres можно задать в командной строке.
- p *порт*
Указывает порт TCP/IP или расширение файла локального Unix-сокета, через который postgres принимает подключения клиентских приложений. По умолчанию принимает значение переменной окружения PGPORT, или, если значение PGPORT не установлено, то используется значение, установленное на этапе компиляции (обычно это 5432). Если значение порта меняется, то на стороне клиентов это необходимо учитывать, установив, либо PGPORT, либо флаг командной строки.
- s
Отображает информацию о времени и другую статистику после каждой выполненной команды, что полезно для оценки производительности во время настройки количества буферов.
- S *рабочая-память*
Указывает объём рабочей памяти для внутренних сортировок и хешированных строк во избежание использования временных файлов. Обратитесь к описанию параметра work_mem, приведённому в Подразделе 19.4.1.
- V
--version
Отображает версию postgres и прерывает дальнейшее выполнение.
- имя=значение*
Устанавливает заданный параметр времени исполнения. Является короткой формой ключа -c.
- describe-config
Выводит значения конфигурационных переменных сервера, их описаний и значений по умолчанию в формате команды COPY со знаком табуляции в качестве разделителя. В основном это предназначено для средств администрирования.
- ?
--help
Выводит помощь по аргументам команды postgres.

Параметры для внутреннего использования

Далее описанные параметры, в основном, применяются в целях отладки, а в некоторых случаях при восстановлении сильно повреждённых баз данных. Их описание приведено для системных разработчиков PostgreSQL, поэтому они могут быть изменены без уведомления.

`-f { s | i | o | b | t | n | m | h }`

Запрещает использование специфических методов сканирования и объединения: `s` и `i` исключают последовательное сканирование и по индексу соответственно, а `o`, `b` и `t` исключает сканирование только по индексу, сканирование по битовым векторам, и сканирование по ID кортежей соответственно, в то время как `n`, `m` и `h` исключает вложенные циклы, слияния и хеширование соответственно.

Ни последовательное сканирование, ни вложенные циклы невозможно выключить полностью. Флаги `-fs` и `-fn` просто указывают планировщику избегать выполнения этих операций при наличии других альтернатив.

`-n`

Параметр предназначен для отладки сервера в случае аномального завершения процесса. Обычная практика в таком случае — завершение порождённых процессов с дальнейшей инициализацией разделяемой памяти и семафоров. Это связано с тем, что потерянный процесс мог повредить область разделяемой памяти. Параметр указывает postgres не производить повторной инициализации общих структур данных, что позволяет произвести дальнейшую отладку текущего состояния памяти и семафоров.

`-O`

Разрешает модифицировать структуру системных таблиц. Используется командой `initdb`.

`-P`

Игнорировать системные индексы при чтении, но продолжать обновлять их при изменениях системных таблиц. Это используется при их восстановлении после повреждения.

`-t pa[rser] | pl[anner] | e[xecutor]`

Выводит статистику по времени исполнения каждого запроса в контексте каждого системного модуля. Использование флага совместно с `-s` невозможно.

`-T`

Параметр предназначен для отладки сервера в случае аномального завершения процесса. Обычная практика в таком случае — завершение порождённых процессов с дальнейшей инициализацией разделяемой памяти и семафоров. Это связано с тем, что потерянный процесс мог повредить область разделяемой памяти. Параметр указывает postgres на необходимость остановки порождённых процессов сигналом `SIGSTOP`, но не завершит их, что позволяет разработчикам сделать снимки памяти процессов.

`-v` *протокол*

Указывает для данного сеанса версию протокола взаимодействия сервера с клиентом. Флаг используется лишь для внутренних целей.

`-W` *секунды*

При старте сервера производится задержка на указанное количество секунд, после чего производится процедура аутентификации, что позволяет подключить отладчик к процессу.

Параметры для однопользовательского режима

Следующие параметры применимы только для однопользовательского режима (см. Раздел «Однопользовательский режим»).

`--single`

Устанавливает однопользовательский режим. Параметр должен идти первым в командной строке.

`база_данных`

Указывает имя базы данных, к которой производится подключение. Параметр должен идти последним в командной строке. Если не указан, то используется имя текущего системного пользователя.

`-E`

Выводить все команды в устройство стандартного вывода прежде чем выполнять их.

`-j`

Считать признаком окончания ввода команды точку с запятой с двумя переводами строки, а не один перевод строки.

`-r имя_файла`

Отправляет вывод журнала сервера в файл *filename*. Этот параметр применяется лишь при запуске из командной строки.

Переменные окружения

`PGCLIENTENCODING`

Кодировка, используемая клиентом по умолчанию. Может переопределяться на стороне клиента, а также устанавливаться в конфигурационном файле сервера.

`PGDATA`

Каталог размещения данных кластера по умолчанию

`PGDATESTYLE`

Значение по умолчанию для параметра времени исполнения `DateStyle`. Применение этой переменной является устаревшим.

`PGPORT`

Порт по умолчанию, лучше устанавливать в конфигурационном файле.

Диагностика

Ошибки с упоминанием о `semget` или `shmget` говорят о возможной необходимости проведения более оптимального конфигурирования ядра. Подробнее это обсуждается в Разделе 18.4. Отложить переконфигурирование можно, уменьшив `shared_buffers` для снижения общего потребления разделяемой памяти PostgreSQL и/или уменьшив `max_connections` для снижения затрат на использование семафоров.

Необходимо внимательно проверять сообщения об ошибке с упоминанием о другом запущенном экземпляре, например, с использованием команды

```
$ ps ax | grep postgres
```

или

```
$ ps -ef | grep postgres
```

в зависимости от ОС. Если есть полная уверенность, что противоречий нет, необходимо самостоятельно удалить упомянутый в сообщении запирающий файл и повторить попытку.

Упоминание о невозможности привязки к порту в сообщениях об ошибках может указывать на то, что он уже занят другим процессом помимо PostgreSQL. Также сообщение может возникнуть при мгновенном рестарте `postgres` на том же порту. В этом случае нужно немного подождать,

пока ОС не закроет порт, и повторить попытку. Ещё возможна ситуация, в которой используется резервный системный порт. Например, многие Unix-подобные ОС резервируют «доверительные» порты от 1024 и ниже, и лишь суперпользователь имеет к ним доступ.

Замечания

Для комфортного запуска и остановки сервера можно использовать утилиту `pg_ctl`.

Если возможно, *не используйте* сигнал `SIGKILL` для головного процесса `postgres`. В этом случае `postgres` не освободит системные ресурсы, например, разделяемую память и семафоры. Это может привести к проблемам при повторном запуске `postgres`.

Для корректного завершения `postgres` используются сигналы `SIGTERM`, `SIGINT` или `SIGQUIT`. При первом будут ожидаться все дочерние процессы до их завершения, второй приведёт к принудительному закрытию соединений, а третий — к незамедлительному выходу без корректного завершения, приводящему к необходимости выполнения процедуры восстановления на следующем старте.

Получая сигнал `SIGHUP`, сервер перечитывает свои файлы конфигурации. Также возможно отправить `SIGHUP` отдельному процессу, но это чаще всего бессмысленно.

Для отмены исполняющегося запроса, отправьте `SIGINT` обслуживающему его процессу. Для чистого завершения серверного процесса отправьте ему `SIGTERM`. Также см. `pg_cancel_backend` и `pg_terminate_backend` в Подразделе 9.26.2, которые являются аналогами в форме SQL-инструкций.

Сервер `postgres` обрабатывает `SIGQUIT` для завершения дочерних процессов в грязную, и сигнал *не должен* отправляться пользователем. Также не стоит посылать `SIGKILL` серверному процессу — головной `postgres` процесс расценит это как аварию и принудительно завершит остальные порождённые, как это было бы сделано при процедуре восстановления после сбоя.

Ошибки

Флаги, начинающиеся с `--` не работают в ОС FreeBSD или OpenBSD. Чтобы обойти это, используйте `-с`. Это ошибка ОС. В будущих релизах PostgreSQL будет предоставлен обходной путь, если ошибка так и не будет устранена.

Однопользовательский режим

Для запуска сервера в однопользовательском режиме используется, например, команда

```
postgres --single -D /usr/local/pgsql/data другие параметры my_database
```

Необходимо указать корректный путь к каталогу хранения данных в параметре `-D`, или установить переменную окружения `PGDATA`. Также замените имя базы данных на необходимое.

Обычно перевод строки в однопользовательском режиме сервер воспринимает как завершение ввода команды; точка с запятой не имеет для него такого значения, как для `psql`. Поэтому, чтобы ввести команду, занимающую несколько строк, необходимо добавлять в конце каждой строки, кроме последней, обратную косую черту. Обратная косая черта и следующий за ней символ перевода строки автоматически убираются из вводимой команды. Заметьте, что это происходит даже внутри строковой константы или комментария.

Но если применить аргумент командной строки `-j`, одиночный символ перевода строки не будет завершать ввод команды; это будет делать последовательность «точка с запятой, перевод строки, перевод строки». То есть для завершения команды нужно ввести точку с запятой, и сразу за ней пустую строку. Просто точка с запятой, дополненная переводом строки, в этом режиме не имеет специального значения. Внутри строковых констант и комментариев такая завершающая последовательность воспринимается в том же ключе.

Вне зависимости от режима ввода, символ точки с запятой, введённый не прямо перед или в составе последовательности завершения команды, воспринимается как разделитель команд. После

ввода завершающей последовательности введённые с разделителями несколько операторов будут выполняться в одной транзакции.

Для завершения сеанса введите символ конца файла (EOF, обычно это сочетание **Control+D**). Если вы вводили текст после окончания ввода последней команды, символ EOF будет воспринят как символ завершения команды, и для выхода потребуется ещё один EOF.

Заметьте, что однопользовательский режим не предоставляет особых возможностей для редактирования команд (например, нет истории команд). Также в однопользовательском режиме не производятся никакие фоновые действия, например, не выполняются автоматические контрольные точки или репликация.

Примеры

Для запуска `postgres` в фоновом режиме с параметрами по умолчанию:

```
$ nohup postgres >logfile 2>&1 </dev/null &
```

Для запуска `postgres` с определённым портом, например, 1234:

```
$ postgres -p 1234
```

Для соединения с помощью `psql` укажите этот порт в параметре `-p`:

```
$ psql -p 1234
```

или в переменной окружения `PGPORT`:

```
$ export PGPORT=1234
```

```
$ psql
```

Именованный параметр времени исполнения можно указать одним из приведённых способом:

```
$ postgres -c work_mem=1234
```

```
$ postgres --work-mem=1234
```

Любой из методов переопределяет значение `work_mem` конфигурации `postgresql.conf`. Символ подчёркивания в именах можно указать и в виде тире. Задавать параметры обычно (не считая кратковременных экспериментов) лучше в `postgresql.conf`, а не в аргументах командной строки.

См. также

`initdb`, `pg_ctl`

postmaster

postmaster — Сервер баз данных PostgreSQL

Синтаксис

`postmaster` [*параметр...*]

Описание

`postmaster` это устаревшее название `postgres`.

См. также

`postgres`

Часть VII. Внутреннее устройство

Содержит разнообразную информацию, полезную для разработчиков PostgreSQL.

Глава 51. Обзор внутреннего устройства PostgreSQL

Автор

Основой этой главы послужил материал дипломной работы sim98, написанной Стефаном Симковичем (Stefan Simkovics) в Венском техническом университете под руководством профессора Георга Готлоба (Georg Gottlob) и его ассистентки Катрин Сейр (Katrin Seyr).

В этой главе даётся обзор внутренней организации сервера PostgreSQL. Прочитав следующие разделы, вы получите представление о том, как обрабатывается запрос. Здесь мы не стремились подробно описывать внутренние операции PostgreSQL, так как это заняло бы слишком большой объём. Основная цель этой главы другая — помочь читателю понять общую последовательность действий, выполняемых сервером с момента получения запроса до момента выдачи результатов клиенту.

51.1. Путь запроса

Ниже мы кратко опишем этапы, которые проходит запрос для получения результата.

1. Прикладная программа устанавливает подключение к серверу PostgreSQL. Эта программа передаёт запрос на сервер и ждёт от него результатов.
2. На *этапе разбора запроса* сервер выполняет синтаксическую проверку запроса, переданного прикладной программой, и создаёт *дерево запроса*.
3. *Система правил* принимает дерево запроса, созданное на стадии разбора, и ищет в *системных каталогах правила* для применения к этому дереву. Обнаружив подходящие правила, она выполняет преобразования, заданные в *теле правил*.

Одно из применений системы правил заключается в реализации *представлений*. Когда выполняется запрос к представлению (т. е. *виртуальной таблице*), система правил преобразует запрос пользователя в запрос, обращающийся не к представлению, а к *базовым таблицам* из *определения представления*.

4. *Планировщик/оптимизатор* принимает дерево запроса (возможно, переписанное) и создаёт *план запроса*, который будет передан *исполнителю*.

Он выбирает план, сначала рассматривая все возможные варианты получения одного и того же результата. Например, если для обрабатываемого отношения создан индекс, прочитать отношение можно двумя способами. Во-первых, можно выполнить простое последовательное сканирование, а во-вторых, можно использовать индекс. Затем оценивается стоимость каждого варианта и выбирается самый дешёвый. Затем выбранный вариант разворачивается в полноценный план, который сможет использовать исполнитель.

5. Исполнитель рекурсивно проходит по *дереву плана* и получает строки тем способом, который указан в плане. Он сканирует отношения, обращаясь к *системе хранения*, выполняет *сортировку* и *соединения*, вычисляет *условия фильтра* и, наконец, возвращает полученные строки.

В следующих разделах мы более подробно рассмотрим каждый из этих этапов, чтобы дать представление о внутренних механизмах и структурах данных PostgreSQL.

51.2. Как устанавливаются соединения

PostgreSQL реализует простую клиент-серверную модель по схеме «процесс для пользователя». В такой схеме один *клиентский процесс* подключается к одному отдельному *серверному процессу*. Так как мы не знаем заранее, сколько подключений будет, нам нужен *главный процесс*, который

будет запускать новый процесс при каждом запросе подключения. Главный процесс называется `postgres` и принимает входящие подключения в заданном порту TCP/IP. Получив запрос на подключение, процесс `postgres` порождает новый серверный процесс. Серверные задачи взаимодействуют между собой через *семафоры* и *разделяемую память*, чтобы обеспечить целостность данных при одновременном обращении к ним.

Клиентским процессом может быть любая программа, которая понимает протокол PostgreSQL, описанный в Главе 53. Многие клиенты базируются на библиотеке `libpq` для языка C, но есть и другие независимые реализации этого протокола, например, драйвер JDBC для Java.

Установив подключение, клиентский процесс может передать запрос серверу. Запрос передаётся в обычном текстовом виде, клиент не занимается его анализом. Сервер разбирает запрос, строит *план выполнения*, выполняет его и возвращает полученные строки клиенту, передавая их через установленное подключение.

51.3. Этап разбора

Этап разбора разделяется на две части:

- *Разбор*, алгоритм которого описан в `gram.y` и `scan.l`, а программный код генерируется инструментами Unix `bison` и `flex`.
- *Преобразование*, в процессе которого модифицируются и дополняются структуры данных, полученные после разбора запроса.

51.3.1. Разбор

При разборе проверяется сначала синтаксис строки запроса (поступающей в виде неструктурированного текста). Если он правильный, строится *дерево запроса* и передаётся дальше, в противном случае возвращается ошибка. Лексический и синтаксический анализ реализован с применением хорошо известных средств Unix `bison` и `flex`.

Лексическая структура определяется в файле `scan.l` и описывает *идентификаторы*, *ключевые слова SQL* и т. д. Для каждого найденного ключевого слова или идентификатора генерируется *символ языка*, который затем передаётся синтаксическому анализатору.

Синтаксис языка определён в файле `gram.y` в виде набора *грамматических правил* и *действий*, которые должны выполняться при срабатывании правил. Для построения дерева разбора используется код действий (это действительно код на C).

Файл `scan.l` преобразуется в программу на C `scan.c` с помощью `flex`, а `gram.y` — в `gram.c` с помощью `bison`. После этих преобразований исполняемый код анализатора создаётся обычным компилятором C. Никогда не вносите коррективы в сгенерированные файлы C, так как они будут перезаписаны при следующем вызове `flex` или `bison`.

Примечание

Упомянутые преобразования и компиляция обычно производятся автоматически сборочными файлами *Makefile*, поставляемыми в составе дистрибутива PostgreSQL.

Подробное описание `bison` и грамматических правил в `gram.y` выходит за рамки данной главы. Узнать больше о `flex` и `bison` можно из книг и документации. Изучение грамматики, описанной в `gram.y`, следует начать со знакомства с `bison`, иначе будет трудно понять, что там происходит.

51.3.2. Преобразование

На этой стадии дерево разбора создаётся только с фиксированными знаниями о синтаксической структуре SQL. При его создании не просматриваются системные каталоги, что не даёт возможность понять конкретную семантику запрошенной операции. После этого выполняется *процедура*

преобразования, которая принимает дерево разбора от анализатора и выполняет семантический анализ, необходимый для понимания, к каким именно таблицам, функциям и операторам обращается запрос. Структура данных, которая создаётся для представления этой информации, называется *деревом запроса*.

Синтаксический разбор отделён от семантического анализа, потому что обращаться к системным каталогам можно только внутри транзакции, а начинать транзакцию сразу после получения строки с запросом нежелательно. Синтаксического разбора достаточно, чтобы распознать команды управления транзакциями (`BEGIN`, `ROLLBACK` и т. д.), поэтому их можно выполнить без дальнейшего анализа. Убедившись, что мы имеем дело с собственно запросом (например, `SELECT` или `UPDATE`), можно начинать транзакцию, если она ещё не начата. Только после этого можно переходить к процедуре преобразования.

Дерево запроса, создаваемое процедурой преобразования, по структуре во многом похоже на дерево разбора, но отличается во многих деталях. Например, узел `FuncCall` в дереве разбора представляет то, что по синтаксису похоже на вызов функции. Этот узел может быть преобразован в узел `FuncExpr` или `Aggref` в зависимости от того, какой (обычной или агрегатной) окажется функция с заданным именем. Кроме того, в дерево запроса добавляется информация о фактических типах данных столбцов и результатов выражений.

51.4. Система правил PostgreSQL

PostgreSQL поддерживает мощную *систему правил* для создания *представлений* и возможности *изменения представлений*. Система правил PostgreSQL претерпела две реализации:

- Первый вариант производил обработку на *уровне строк* и был внедрён глубоко в *исполнители*. Этот обработчик правил вызывался при обращении к каждой отдельной строке. Эта реализация была ликвидирована в 1995 г., когда последний официальный выпуск Berkeley Postgres превратился в Postgres95.
- Во втором воплощении системы правил применили так называемое *переписывание запроса*. Система *переписывания* реализована в механизме, внедрённом между *анализатором* и *планировщиком/оптимизатором*. Этот механизм работает и сегодня.

Механизм переписывания запросов подробно обсуждается в Главе 41, так что здесь мы его не рассматриваем. Мы только отметим, что и на входе, и на выходе у него деревья запросов, то есть представление или уровень семантической детализации он не меняет. Переписывание запроса можно считать формой расширения макросов.

51.5. Планировщик/оптимизатор

Задача *планировщика/оптимизатора* — построить наилучший план выполнения. Определённый SQL-запрос (а значит, и дерево запроса) на самом деле можно выполнить самыми разными способами, при этом получая одни и те же результаты. Если это не требует больших вычислений, оптимизатор запросов будет перебирать все возможные варианты планов, чтобы в итоге выбрать тот, который должен выполняться быстрее остальных.

Примечание

В некоторых ситуациях рассмотрение всех возможных вариантов выполнения запросов занимает слишком много времени и памяти. В частности, это имеет место при выполнении запросов с большим количеством операций соединения. Поэтому, чтобы выбрать разумный (но не обязательно наилучший) план запроса за приемлемое время, PostgreSQL использует *генетический оптимизатор запросов* (см. Главу 60), когда количество соединений превышает некоторый предел (см. `geqo_threshold`).

Процедура поиска лучшего плана на самом деле работает со структурами данных, называемыми *путями*, которые представляют собой упрощённые схемы планов, содержащие минимум инфор-

мации, необходимый планировщику для принятия решений. Когда наиболее выгодный план выбран, строится полноценное *дерево плана*, которое и передаётся исполнителю. Оно описывает желаемый план выполнения достаточно подробно, чтобы исполнитель мог обработать его. В продолжении этого раздела мы будем считать, что планы и пути по сути одно и то же.

51.5.1. Выработка возможных планов

Сначала планировщик/оптимизатор вырабатывает планы для сканирования каждого отдельного отношения (таблицы), используемого в запросе. Множество возможных планов определяется в зависимости от наличия индексов в каждом отношении. Произвести последовательное сканирование отношения можно в любом случае, так что план последовательного сканирования создаётся всегда. Предположим, что для отношения создан индекс (например, индекс-В-дерево) и запрос содержит ограничение `отношение.атрибут ОПЕР константа`. Если окажется, что `отношение.атрибут` совпадает с ключом индекса-В-дерева и `ОПЕР` — один из операторов, входящих в *класс операторов* индекса, создаётся ещё один план, с использованием индекса-В-дерева для чтения отношения. Если находятся другие индексы, ключи которых соответствуют ограничениям запроса, могут добавиться и другие планы. Планы сканирования индекса также создаются для индексов, если их порядок сортировки соответствует предложению `ORDER BY` (если оно есть), или этот порядок может быть полезен для соединения слиянием (см. ниже).

Если в запросе требуется соединить два или несколько отношений, после того, как будут определены все подходящие планы сканирования отдельных отношений, рассматриваются планы соединения. При этом возможны три стратегии соединения:

- *соединение с вложенным циклом*: Правое отношение сканируется один раз для каждой строки, найденной в левом отношении. Эту стратегию легко реализовать, но она может быть очень трудоёмкой. (Однако, если правое отношение можно сканировать по индексу, эта стратегия может быть удачной. Тогда значения из текущей строки левого отношения могут использоваться как ключи для сканирования по индексу справа.)
- *соединение слиянием*: Каждое отношение сортируется по атрибутам соединения до начала соединения. Затем два отношения сканируются параллельно и соответствующие строки, объединяясь, формируют строки соединения. Этот тип соединения более привлекательный, так как каждое отношение сканируется только один раз. Требуемый порядок сортировки можно получить, либо добавив явный этап сортировки, либо просканировав отношение в нужном порядке, используя индекс по ключу соединения.
- *соединение по хешу*: сначала сканируется правое отношение и формируется хеш-таблица, ключ в которой вычисляется по атрибутам соединения. Затем сканируется левое отношение и по тем же атрибутам в каждой строке вычисляется ключ для поиска в этой хеш-таблице соответствующих строк справа.

Когда в запросе задействованы более двух отношений, окончательный результат должен быть получен из дерева с узлами соединения, имеющими по два входа. Планировщик рассматривает все возможные последовательности соединения и выбирает самую выгодную.

Если число задействованных в запросе отношений меньше `geqo_threshold`, для поиска оптимальной последовательности соединений производится практически полный перебор. Планировщик отдаёт предпочтение соединениям между двумя отношениями, для которых есть соответствующее предложение соединения в условии `WHERE` (то есть, для которых находится ограничение вида `where табл1.атр1=табл2.атр2`). Пары соединения без подобного предложения рассматриваются, только если нет другого выбора, то есть когда для определённого отношения не находятся предложения соединения с каким-либо другим отношением. Планировщик рассматривает все возможные планы для каждой пары соединения и выбирает самый выгодный из них (по его оценке).

Если `geqo_threshold` превышает, последовательность соединений выбирается эвристическим путём, как описано в Главе 60. В остальном процесс планирования тот же.

Законченное дерево плана содержит узлы сканирования по индексу или последовательного сканирования базовых отношений, плюс узлы соединения с вложенным циклом, соединения слиянием или соединения по хешу (если требуется), плюс, возможно, узлы дополнительных действий,

например, сортировки или вычисления агрегатных функций. Большинство из этих узлов могут дополнительно производить *отбор* (отбрасывать строки, не удовлетворяющие заданному логическому условию) и *расчёты* (вычислять производный набор столбцов по значениям заданных столбцов, то есть вычислять скалярные выражения). Одна из задач планировщика — добавить условия отбора из предложения `WHERE` и вычисления требуемых выходных выражений к наиболее подходящим узлам дерева плана.

51.6. Исполнитель

Исполнитель принимает план, созданный планировщиком/исполнителем и обрабатывает его рекурсивно, чтобы получить требуемый набор строк. Обработка выполняется по конвейеру, с получением данных по требованию. При вызове любого узла плана он должен выдать очередную строку, либо сообщить, что выдача строк завершена.

В качестве более конкретного примера, давайте предположим, что верхним узлом плана оказался узел `MergeJoin`. Для того чтобы выполнить какое-либо соединение, необходимо выбрать две строки (одну из каждого вложенного плана). Поэтому исполнитель рекурсивно вызывает себя для обработки вложенных планов (он начинает с плана левого дерева). Новый верхний узел (верхний узел левого вложенного плана) может быть, например, узлом `Sort`, и тогда для получения входной строки снова требуется рекурсия. Дочерним узлом `Sort` может быть узел `SeqScan`, представляющий собственно чтение таблицы. В результате выполнения этого узла исполнитель выбирает одну строку из таблицы и возвращает её вызывающему узлу. Узел `Sort`, в свою очередь, будет продолжать вызывать дочерний узел, пока не получит все строки для сортировки. Когда строки закончатся (дочерний узел сообщит об этом, возвратив `NULL` вместо строки), узел `Sort` выполнит сортировку, и наконец сможет выдать свою первую строку, а именно строку первую по порядку сортировки. Остальные строки будут сохраняться в нём, чтобы он мог выдавать их по порядку при последующих вызовах.

Узел `MergeJoin` подобным образом затребует первую строку и у вложенного плана справа. Затем он сравнивает две строки и определяет, можно ли их соединить; если да, он возвращает соединённую строку вызывающему узлу. При следующем вызове, или немедленно, если он не может соединить текущую пару поступивших строк, он переходит к следующей строке в одном отношении или в другом (в зависимости от результата сравнения) и снова проверяет соответствие. В конце концов, данные в одном или другом вложенном плане заканчиваются и узел `MergeJoin` возвращает `NULL`, показывая тем самым, что другие строки соединения получить нельзя.

Сложные запросы могут содержать много уровней вложенности узлов плана, но общий подход тот же: каждый узел вычисляет и возвращает следующую полученную строку при очередном вызове. Каждый узел также должен производить отбор и расчёты, которые были назначены ему планировщиком.

Механизм исполнителя применяется для обработки всех четырёх основных типов SQL-запросов: `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. С `SELECT` код исполнителя верхнего уровня должен только выдать клиенту все строки, полученные от дерева плана запроса. С `INSERT` все полученные строки вставляются в целевую таблицу `INSERT`. Эта операция выполняется в специальном узле на верхнем уровне плана запроса, называемом `ModifyTable`. (Простая команда `INSERT ... VALUES` создаёт простейшее дерево плана, состоящее из одного узла `Result`, который вычисляет одну строку результата, и узла `ModifyTable` над ним, который осуществляет добавление. Но с `INSERT ... SELECT` могут быть востребованы все возможности механизма исполнителя.) С `UPDATE` планировщик делает так, чтобы каждая вычисленная строка включала значения всех изменённых столбцов плюс `TID` (Tuple ID, идентификатор кортежа) исходной целевой строки; эти данные подаются в узел `ModifyTable`, который использует эту информацию, чтобы создать новую изменённую строку и пометить старую строку как удалённую. С `DELETE` план фактически возвращает только один столбец, `TID`, а узел `ModifyTable` использует значение `TID`, чтобы найти каждую целевую строку и пометить её как удалённую.

Глава 52. Системные каталоги

Системные каталоги — это место, где система управления реляционной базой данных хранит метаданные схемы, в частности информацию о таблицах и столбцах, а также служебные сведения. Системные каталоги PostgreSQL представляют собой обычные таблицы. Поэтому вы можете удалить и пересоздать их, добавить столбцы, изменить и добавить строки, т. е. разными способами вмешаться в работу системы. Обычно модифицировать системные каталоги вручную не следует, для всего этого, как правило, есть команды SQL. (Например, `CREATE DATABASE` вставляет строку в каталог `pg_database` — и фактически создаёт базу данных на диске.) Исключение составляют только особенные эзотерические операции, но многие из них со временем становятся выполнимыми посредством SQL-команд, так что потребность напрямую модифицировать системные каталоги постоянно уменьшается.

52.1. Обзор

В Таблице 52.1 кратко перечислены системные каталоги. Более подробное описание каждого каталога следует далее.

Большинство системных каталогов копируются из базы-шаблона при создании базы данных и затем принадлежат этой базе. Но некоторые каталоги физически разделяются всеми базами данных в кластере; это отмечено в их описаниях.

Таблица 52.1. Системные каталоги

Имя каталога	Предназначение
<code>pg_aggregate</code>	агрегатные функции
<code>pg_am</code>	методы доступа индексов
<code>pg_amop</code>	операторы методов доступа
<code>pg_amproc</code>	опорные функции методов доступа
<code>pg_attrdef</code>	значения столбцов по умолчанию
<code>pg_attribute</code>	столбцы таблиц («атрибуты»)
<code>pg_authid</code>	идентификаторы для авторизации (роли)
<code>pg_auth_members</code>	отношения членства для объектов авторизации
<code>pg_cast</code>	приведения (преобразования типов данных)
<code>pg_class</code>	таблицы, индексы, последовательности, представления («отношения»)
<code>pg_collation</code>	правила сортировки (параметры локали)
<code>pg_constraint</code>	ограничения-проверки, ограничения уникальности, ограничения первичного ключа и внешних ключей
<code>pg_conversion</code>	информация о перекодировках
<code>pg_database</code>	базы данных в этом кластере
<code>pg_db_role_setting</code>	параметры, задаваемые на уровне ролей и баз данных
<code>pg_default_acl</code>	права по умолчанию для различных типов объектов
<code>pg_depend</code>	зависимости между объектами базы данных
<code>pg_description</code>	описания или комментарии к объектам базы данных
<code>pg_enum</code>	определения меток и значений перечислений

Имя каталога	Предназначение
pg_event_trigger	событийные триггеры
pg_extension	установленные расширения
pg_foreign_data_wrapper	определения обёрток сторонних данных
pg_foreign_server	определения сторонних серверов
pg_foreign_table	дополнительные свойства сторонних таблиц
pg_index	дополнительные свойства индексов
pg_inherits	иерархия наследования таблиц
pg_init_privs	начальные права для объектов
pg_language	языки для написания функций
pg_largeobject	страницы данных для больших объектов
pg_largeobject_metadata	метаданные для больших объектов
pg_namespace	схемы
pg_opclass	классы операторов методов доступа
pg_operator	операторы
pg_opfamily	семейства операторов методов доступа
pg_partitioned_table	информация о ключах разбиения таблиц
pg_pltemplate	данные шаблонов для процедурных языков
pg_policy	политики защиты строк
pg_proc	функции и процедуры
pg_publication	публикации для логической репликации
pg_publication_rel	сопоставление отношений с публикациями
pg_range	информация о типах диапазонов
pg_replication_origin	зарегистрированные источники репликации
pg_rewrite	правила перезаписи запросов
pg_seclabel	метки безопасности для объектов базы данных
pg_sequence	информация о последовательностях
pg_shdepend	зависимости общих объектов
pg_shdescription	комментарии к общим объектам
pg_shseclabel	метки безопасности для общих объектов баз данных
pg_statistic	статистика планировщика
pg_statistic_ext	расширенная статистика планировщика
pg_subscription	подписки логической репликации
pg_subscription_rel	состояние отношений для подписок
pg_tablespace	табличные пространства в этом кластере баз данных
pg_transform	трансформации (тип данных для преобразований процедурных языков)
pg_trigger	триггеры
pg_ts_config	конфигурации текстового поиска

Имя каталога	Предназначение
pg_ts_config_map	сопоставления фрагментов в конфигурациях текстового поиска
pg_ts_dict	словари текстового поиска
pg_ts_parser	анализаторы текстового поиска
pg_ts_template	шаблоны текстового поиска
pg_type	типы данных
pg_user_mapping	сопоставления пользователей для сторонних серверов

52.2. pg_aggregate

В каталоге `pg_aggregate` хранится информация об агрегатных функциях. Агрегатная функция — это такая функция, которая работает с множеством значений (обычно, с содержимым одного столбца всех строк, удовлетворяющих условию запроса) и возвращает одно значение, вычисленное по этому множеству. Типичные агрегатные функции — `sum`, `count` и `max`. Все записи в `pg_aggregate` представляют собой дополнение записей в `pg_proc`. Запись в `pg_proc` определяет имя агрегатной функции, типы входных и выходных данных, а также другие свойства, подобные имеющимся у обычных функций.

Таблица 52.2. Столбцы `pg_aggregate`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
aggfnoid	regproc	<code>pg_proc.oid</code>	OID агрегатной функции в <code>pg_proc</code>
aggkind	char		Тип агрегатной функции: <code>n</code> — обычная («normal»), <code>o</code> — сортирующая («ordered-set») или <code>h</code> — гипотезирующая («hypothetical-set»)
aggnumdirectargs	int2		Число непосредственных (не агрегируемых) аргументов для сортирующей или гипотезирующей агрегатной функции (переменный массив аргументов считается одним аргументом). Если равняется <code>pronargs</code> , агрегатная функция должна принимать переменный массив и этот массив описывает как агрегатные аргументы, так и окончательные непосредственные аргументы. Всегда равно нулю для обычных агрегатных функций.
aggtransfn	regproc	<code>pg_proc.oid</code>	Функция перехода
aggfinalfn	regproc	<code>pg_proc.oid</code>	Функция завершения (0, если её нет)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
aggcombinefn	regproc	pg_proc .oid	Комбинирующая функция (0, если её нет)
aggserialfn	regproc	pg_proc .oid	Функция сериализации (0, если её нет)
aggdeserialfn	regproc	pg_proc .oid	Функция десериализации (0, если её нет)
aggmtransfn	regproc	pg_proc .oid	Функция прямого перехода для режима движущегося агрегата (0, если её нет)
aggminvtransfn	regproc	pg_proc .oid	Функция обратного перехода для режима движущегося агрегата (0, если её нет)
aggmfinalfn	regproc	pg_proc .oid	Функция завершения для режима движущегося агрегата (0, если её нет)
aggfinalextra	bool		Со значением True в aggfinalfn передаются дополнительные фиктивные аргументы
aggmfinalextra	bool		Со значением True в aggmfinalfn передаются дополнительные фиктивные аргументы
aggfinalmodify	char		Признак модифицирования переходного состояния функцией aggfinalfn: r, если состояние только читается; s, если функцию aggtransfn нельзя применять после aggfinalfn; и w, если состояние перезаписывается
aggmfinalmodify	char		Аналогично aggfinalmodify, но для aggmfinalfn
aggstortop	oid	pg_operator .oid	Связанный оператор сортировки (0, если его нет)
aggtranstype	oid	pg_type .oid	Тип данных внутреннего состояния (перехода) агрегатной функции
aggtransspace	int4		Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода, либо 0 для

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			выбора значения по умолчанию
aggmtranstype	oid	pg_type .oid	Тип данных внутреннего состояния (перехода) для агрегатной функции в режиме движущегося агрегата (0 в случае отсутствия)
aggmtransspace	int4		Приблизительный средний размер (в байтах) данных состояния перехода для режима движущегося агрегата, либо 0 для выбора значения по умолчанию
agginitval	text		Начальное значение для состояния перехода. Это текстовое поле, содержащее значение в виде внешнего строкового представления. Если это поле содержит NULL, начальным значением состояния перехода будет NULL.
aggminitval	text		Начальное значение для состояния перехода в режиме движущегося агрегата. Это текстовое поле, содержащее значение в виде внешнего строкового представления. Если это поле содержит NULL, начальным значением состояния перехода будет NULL.

Новые агрегатные функции создаются командой CREATE AGGREGATE. За дополнительными сведениями о разработке агрегатных функций, значении функций перехода и т. д. обратитесь к Разделу 38.11.

52.3. pg_am

В каталоге pg_am хранится информация о методах доступа отношений. Каждая строка в нём описывает один метод доступа, поддерживаемый системой. В настоящее время методы доступа задаются только для индексов. Требования для реализации методов доступа индексов подробно рассматриваются в Главе 61.

Таблица 52.3. Столбцы pg_am

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
amname	name		Имя метода доступа
amhandler	regproc	pg_proc .oid	OID функции-обработчика, предоставляющей информацию о методе доступа
amtype	char		На данный момент это всегда i, что указывает, что это метод доступа индекса; в будущем могут появиться и другие значения

Примечание

До PostgreSQL 9.6, в pg_am было много дополнительных столбцов, представляющих свойства методов доступа индексов. Теперь эти данные непосредственно видны только на уровне кода C. Однако, чтобы SQL-запросы всё же могли проверять свойства методов доступа индексов, была введена функция pg_index_column_has_property() и ряд связанных функций; см. Таблицу 9.63.

52.4. pg_amop

В каталоге pg_amop хранится информация об операторах, связанных с семействами операторов методов доступа. Каждая строка в нём описывает оператор, являющийся членом семейства операторов. Членом семейства может быть либо оператор *поиска*, либо оператор *упорядочивания*. Оператор может относиться к нескольким семействам, но он не может находиться в одном семействе в более чем одной позиции поиска или позиции упорядочивания. (Допустимо, хотя и маловероятно, что оператор будет использоваться и для поиска, и для упорядочивания.)

Таблица 52.4. Столбцы pg_amop

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
amopfamily	oid	pg_opfamily .oid	Семейство операторов, к которому относится эта запись
amoplefttype	oid	pg_type .oid	Тип данных левого операнда оператора
amoprightrighttype	oid	pg_type .oid	Тип данных правого операнда оператора
amopstrategy	int2		Номер стратегии оператора
amoppurpose	char		Предназначение оператора: s — поиск (search), o — упорядочивание (ordering)
amopopr	oid	pg_operator .oid	OID оператора
amopmethod	oid	pg_am .oid	Метод доступа индекса, для которого предна-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			значено семейство операторов
amopsortfamily	oid	pg_opfamily .oid	Семейство операторов В-дерева, в соответствии с которым сортирует данный оператор, если это оператор упорядочивания; 0, если это оператор поиска

Запись оператора «поиска» указывает, что по индексу этого семейства операторов можно производить поиск и найти все строки, удовлетворяющие условию `WHERE столбец_индекса оператор константа`. Очевидно, такой оператор должен возвращать тип `boolean`, а тип его левого операнда должен соответствовать типу данных столбца индекса.

Запись оператора «упорядочивания» указывает, что по индексу этого семейства операторов можно провести сканирование и получить строки в порядке, заданном предложением `ORDER BY столбец_индекса оператор константа`. Такой оператор может возвращать любой сортируемый тип данных, хотя тип левого операнда должен так же соответствовать типу данных столбца индекса. Точная семантика `ORDER BY` определяется столбцом `amopsortfamily`, который должна указывать на семейство операторов В-дерева для типа, возвращаемого оператором.

Примечание

В настоящее время предполагается, что порядком сортировки для упорядочивающего оператора будет порядок по умолчанию для соответствующего семейства операторов, то есть, `ASC NULLS LAST`. Когда-нибудь для большей гибкости могут быть добавлены дополнительные столбцы, позволяющие явно задавать параметры сортировки.

Поле `amopmethod` в записи оператора должно соответствовать полю `opfmethod` содержащего его семейства (`amopmethod` добавлен сюда намеренно, эта денормализация структуры каталога объясняется соображениями производительности). Также, поля `amoplefttype` и `amoprighttype` должны соответствовать полям `oprleft` и `oprright` в записи `pg_operator`, на которую ссылается данная.

52.5. pg_amproc

В каталоге `pg_amproc` хранится информация об опорных функциях, связанных с семействами операторов методов доступа. Строки в нём описывают все опорные функции, принадлежащие семейству операторов.

Таблица 52.5. Столбцы `pg_amproc`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
amprocfamily	oid	pg_opfamily .oid	Семейство операторов, к которому относится эта запись
amproclefttype	oid	pg_type .oid	Тип данных левого операнда связанного оператора
amprocrighttype	oid	pg_type .oid	Тип данных правого операнда связанного оператора

Имя	Тип	Ссылки	Описание
amprocnum	int2		Номер опорной функции
amproc	regproc	pg_proc .oid	OID функции

Обычно принято, что `amproclefttype` и `amprocrighttype` определяют типы левого и правого операнда оператора, который поддерживает конкретная опорная функция. Для некоторых методов доступа они соответствуют типам входных данных самой опорной функции, для других — нет. Есть понятие «стандартных» опорных функций для индекса; это такие функции, у которых `amproclefttype` и `amprocrighttype` равняются `opcinttype` класса оператора индекса.

52.6. pg_attrdef

В каталоге `pg_attrdef` хранятся значения столбцов по умолчанию. Основная информация о столбцах хранится в `pg_attribute` (см. ниже). В этой таблице записи будут только для тех столбцов, для которых явно задаётся значение по умолчанию (при создании таблицы или добавлении столбца).

Таблица 52.6. Столбцы `pg_attrdef`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
adrelid	oid	pg_class .oid	Таблица, к которой принадлежит столбец
adnum	int2	pg_attribute .attnum	Номер столбца
adbin	pg_node_tree		Внутреннее представление значения столбца по умолчанию
adsrc	text		Понятное человеку представление значения по умолчанию

Поле `adsrc` присутствует по исторически причинам, его не стоит использовать, так как в нём не отражаются внешние факторы, способные повлиять на представление значения по умолчанию. Для отображения значения по умолчанию лучше декомпилировать поле `adbin` (применив, например `pg_get_expr`).

52.7. pg_attribute

В каталоге `pg_attribute` хранится информация о столбцах таблицы. Для каждого столбца каждой таблицы в `pg_attribute` существует ровно одна строка. (Также в этом каталоге будут записи для индексов и на самом деле для всех объектов, присутствующих в `pg_class`.)

Термин «атрибут» равнозначен «столбцу» и употребляется по историческим причинам.

Таблица 52.7. Столбцы `pg_attribute`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
attrelid	oid	pg_class .oid	Таблица, к которой принадлежит столбец
attname	name		Имя столбца
atttypid	oid	pg_type .oid	Тип данных этого столбца
attstattarget	int4		Столбец <code>attstattarget</code> управляет детализаци-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ей статистики, собираемой по этому столбцу командой ANALYZE. Нулевое значение указывает, что статистика не собирается. При отрицательном значении используется системное ограничение статистики по умолчанию. Точное значение положительных величин определяется типом данных. Для скалярных типов данных, <code>attstattarget</code> задаёт и целевое число собираемых «самых частых значений», и целевое число создаваемых групп гистограммы.
<code>attlen</code>	<code>int2</code>		Копия <code>pg_type.typelen</code> из записи типа столбца
<code>attnum</code>	<code>int2</code>		Порядковый номер столбца. Обычные столбцы нумеруются по возрастанию, начиная с 1. Системные столбцы, такие как <code>oid</code> , имеют (обычно) отрицательные номера.
<code>attndims</code>	<code>int4</code>		Число размерностей, если столбец имеет тип массива; 0 в противном случае. (В настоящее время число размерностей массива не контролируется, поэтому любое ненулевое значение по сути означает «это массив».)
<code>attcacheoff</code>	<code>int4</code>		Всегда -1 в постоянном хранилище, но когда запись загружается в память, в этом поле может кешироваться смещение атрибута в строке
<code>atttypmod</code>	<code>int4</code>		В поле <code>atttypmod</code> записывается дополнительное число, связанное с определённым типом данных, указываемое при создании табли-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			цы (например, максимальный размер столбца <code>varchar</code>). Это значение передаётся функциям ввода и преобразования длины конкретного типа. Для типов, которым не нужен <code>atttypmod</code> , это обычно <code>-1</code> .
<code>attbyval</code>	<code>bool</code>		Копия <code>pg_type.typbyval</code> из записи типа столбца
<code>attstorage</code>	<code>char</code>		Обычно копия <code>pg_type.typstorage</code> из записи типа столбца. Для типов, поддерживающих <code>TOAST</code> , можно изменять это значение после создания столбца и таким образом управлять политикой хранения.
<code>attalign</code>	<code>char</code>		Копия <code>pg_type.typalign</code> из записи типа столбца
<code>attnotnull</code>	<code>bool</code>		Представляет ограничение <code>NOT NULL</code> .
<code>atthasdef</code>	<code>bool</code>		Столбец имеет значение по умолчанию, в этом случае в каталоге <code>pg_attrdef</code> будет соответствующая запись, определяющая это значение.
<code>atthasmissing</code>	<code>bool</code>		Столбец имеет значение, которое используется, когда он полностью отсутствует в строке. Это имеет место, когда столбец добавляется с неизменяемым значением <code>DEFAULT</code> после создания строки. Фактическое значение хранится в <code>attmissingval</code> .
<code>attidentity</code>	<code>char</code>		Если нулевой байт (<code>' '</code>), это не столбец идентификации. В противном случае, при <code>a</code> значение генерируется всегда, при <code>d</code> — значение

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			генерируется по умолчанию.
attisdropped	bool		Столбец был удалён и теперь не является рабочим. Удалённый столбец может по-прежнему физически присутствовать в таблице, но анализатор запросов его игнорирует, так что обратиться к нему из SQL нельзя.
attislocal	bool		Столбец определён локально в данном отношении. Заметьте, что столбец может быть определён локально и при этом наследоваться.
attinhcount	int4		Число прямых предков этого столбца. Столбец с ненулевым числом предков нельзя удалить или переименовать.
attcollation	oid	pg_collation .oid	Заданное для столбца правило сортировки, либо 0, если тип столбца не сортируемый.
attacl	aclitem[]		Права доступа к столбцу, если они были заданы непосредственно для этого столбца
attoptions	text[]		Параметры уровня атрибута, в виде строк «ключ=значение»
attfdwoptions	text[]		Параметры уровня атрибута для обёрток сторонних данных, в виде строк «ключ=значение»
attmissingval	anyarray		В данном столбце размещается массив с одним элементом. Значение в этом элементе используется, когда столбец полностью отсутствует в строке, что имеет место, когда столбец добавляется с неизменяемым значением DEFAULT после создания строки. Это значение ис-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			пользуется, только когда <code>atthasmissing</code> равен <code>true</code> . Если значение отсутствует, столбец будет содержать <code>NULL</code> .

В записи удалённого столбца в `pg_attribute` поле `atttypid` сбрасывается в ноль, но `attlen` и другие поля, копируемые из `pg_type`, сохраняют актуальные значения. Это нужно, чтобы справиться с ситуацией, когда после удаления столбца удаляется и его тип данных, так что записи в `pg_type` больше не будет. В таких случаях для интерпретации содержимого строки таблицы могут использоваться `attlen` и другие поля.

52.8. pg_authid

В каталоге `pg_authid` содержится информация об идентификаторах для авторизации (ролях). Роль включает в себя концепции «пользователей» и «групп». Пользователь по существу представляет собой частный случай роли, с флагом `rolcanlogin`. Любая роль (с или без флага `rolcanlogin`) может включать другие роли в качестве членов; см. `pg_auth_members`.

Так как в этом каталоге содержатся пароли, он не должен быть открыт для всех. Для общего пользования предназначено представление `pg_roles` на базе `pg_authid`, в котором поле пароля очищено.

За подробной информацией о пользователях и управлении правами обратитесь к Главе 21.

Так как пользователи определяются глобально, каталог `pg_authid` разделяется всеми базами данных кластера; есть только единственная копия `pg_authid` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.8. Столбцы `pg_authid`

Имя	Тип	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>	Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>rolname</code>	<code>name</code>	Имя роли
<code>rolsuper</code>	<code>bool</code>	Роли имеет права суперпользователя
<code>rolinherit</code>	<code>bool</code>	Роль автоматически наследует права ролей, в которые она включена
<code>rolcreaterole</code>	<code>bool</code>	Роль может создавать другие роли
<code>rolcreatedb</code>	<code>bool</code>	Роль может создавать базы данных
<code>rolcanlogin</code>	<code>bool</code>	Роль может подключаться к серверу. То есть эта роль может быть указана в качестве начального идентификатора авторизации сеанса
<code>rolreplication</code>	<code>bool</code>	Роль является ролью репликации. Такие роли могут устанавливать соединения для репли-

Имя	Тип	Описание
		кации и создавать/удалять слоты репликации.
rolbypassrls	bool	Роль не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
rolconnlimit	int4	Для ролей, которые могут подключаться к серверу, это значение задаёт максимально разрешённое для этой роли число одновременных подключений. При значении -1 ограничения нет.
rolpassword	text	Пароль (возможно зашифрованный); NULL, если он не задан. Его формат зависит от используемого вида шифрования.
rolvaliduntil	timestampz	Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю); NULL, если срок действия не ограничен

Если пароль зашифрован MD5, значение в `rolpassword` начинается со строки `md5`, за которой идёт 32-символьный шестнадцатеричный хеш MD5. Этот хеш вычисляется для пароля пользователя с добавленным за ним его именем. Например, если у пользователя `joe` пароль `xyzzu`, PostgreSQL сохранит в этом поле md5-хеш строки `xyzzujoe`.

Если пароль зашифрован по алгоритму SCRAM-SHA-256, он имеет формат:

`SCRAM-SHA-256$<число итераций>:<соль>$<СохранённыйКлюч>:<КлючСервера>`

Здесь *соль*, *СохранённыйКлюч* и *КлючСервера* кодируются в формате Base64. Этот формат соответствует стандарту RFC 5803.

Пароль, не удовлетворяющий ни одному из этих форматов, считается незашифрованным.

52.9. pg_auth_members

Каталог `pg_auth_members` представляет отношения членства между ролями. Допускается любая не зацикленная иерархия отношений.

Так как пользователи определяются глобально, `pg_auth_members` разделяется всеми базами данных кластера; есть только единственная копия `pg_auth_members` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.9. Столбцы `pg_auth_members`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
roleid	oid	<code>pg_authid .oid</code>	Идентификатор роли, включающей другую
member	oid	<code>pg_authid .oid</code>	Идентификатор роли, включаемой в роль <code>roleid</code>
grantor	oid	<code>pg_authid .oid</code>	Идентификатор роли, разрешившей членство
admin_option	bool		True, если <code>member</code> может разрешать член-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ство в roleid другим ролям

52.10. pg_cast

В каталоге `pg_cast` хранятся пути приведения типов (как встроенных, так и пользовательских).

Следует заметить, что `pg_cast` представляет не каждое приведение, которое может выполнять система, а только те, которые нельзя вывести по некоторым общим правилам. Например, приведение типа домена к его базовому типу не представляется явно в `pg_cast`. Ещё одно важное исключение составляют «автоматические приведения ввода/вывода», которые выполняются с применением собственных функций ввода/вывода типа данных, преобразующих тип в `text` или другие строковые типы — они также не представляются явно в `pg_cast`.

Таблица 52.10. Столбцы `pg_cast`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>castsource</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type.oid</code>	OID исходного типа данных
<code>casttarget</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type.oid</code>	OID целевого типа данных
<code>castfunc</code>	<code>oid</code>	<code>pg_proc.oid</code>	OID функции, выполняющей приведение, или 0, если для данного метода приведения не требуется функция.
<code>castcontext</code>	<code>char</code>		Определяет, в каких контекстах может выполняться приведение. Символ <code>e</code> означает только явное приведение (<code>explicit</code>), с применением синтаксиса <code>CAST</code> или <code>::</code> . Символ <code>a</code> означает неявное присваивание (<code>assignment</code>) целевому столбцу, а также явное приведение. Символ <code>i</code> разрешает неявное приведение (<code>implicit</code>), а также все остальные варианты.
<code>castmethod</code>	<code>char</code>		Показывает, как выполняется приведение. Символ <code>f</code> означает, что используется функция, указанная в поле <code>castfunc</code> . Символ <code>i</code> означает, что используются функции ввода/вывода. Символ <code>b</code> означают, что типы являются

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ся двоично-сводимыми, так что преобразование не требуется.

Функции приведения, перечисленные в `pg_cast`, должны всегда принимать исходный тип приведения в качестве типа первого аргумента и возвращать результат, имеющий целевой тип. Функция приведения может иметь до трёх аргументов. Второй аргумент, если он присутствует, должен иметь тип `integer`; в нём передаётся модификатор типа, связанный с целевым типом, либо `-1`, если такого модификатора нет. Третий аргумент, если он присутствует, должен иметь тип `boolean`; в нём передаётся `true`, если приведение выполняется явно, и `false` в противном случае.

Вполне возможно создать запись в `pg_cast`, в которой исходный тип будет совпадать с целевым, если связанная функция приведения принимает больше одного аргумента. Такие записи представляют «функции преобразования длины», которые приводят значения некоторого типа в соответствие с заданным значением модификатора.

Когда в записи `pg_cast` исходный и целевой типы приведения различаются и функция принимает более одного аргумента, эта запись представляет преобразование типа из одного в другой и сведение к нужной длине за один шаг. Если же такой записи не находится, приведение к типу с определённым модификатором выполняется в два этапа, сначала выполняется преобразование типа, а затем применяется модификатор типа.

52.11. `pg_class`

В каталоге `pg_class` описываются таблицы и практически всё, что имеет столбцы или каким-то образом подобно таблице. Сюда входят индексы (но смотрите также `pg_index`), последовательности (но смотрите также `pg_sequence`), представления, материализованные представления, составные типы и таблицы TOAST; см. `relkind`. Далее, подразумевая все эти типы объектов, мы будем говорить об «отношениях». Не все столбцы здесь имеют смысл для всех типов отношений.

Таблица 52.11. Столбцы `pg_class`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>relname</code>	<code>name</code>		Имя таблицы, индекса, представления и т. п.
<code>relnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего это отношение
<code>reltype</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	OID типа данных, соответствующего типу строки этой таблицы, если таковой есть (ноль для индексов, так как они не имеют записи в <code>pg_type</code>)
<code>reloftype</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	Для типизированных таблиц, OID нижележащего составного типа, или ноль для всех других отношений
<code>relowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец отношения

Имя	Тип	Ссылки	Описание
relam	oid	pg_am .oid	Если это индекс, применяемый метод доступа (B-дерево, хеш и т. д.)
relfilenode	oid		Имя файла на диске с этим отношением; ноль означает, что это «отображённое» представление, имя файла для которого определяется состоянием на нижнем уровне
reltablespace	oid	pg_tablespace .oid	Табличное пространство, в котором хранится это отношение. Если ноль, подразумевается пространство базы данных по умолчанию. (Не имеет значения, если с отношением не связан файл на диске.)
relpages	int4		Размер представления этой таблицы на диске (в страницах размера BLCKSZ). Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.
reltuples	float4		Число актуальных строк в таблице. Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.
relallvisible	int4		Число страниц, помеченных как «полностью видимые» в карте видимости таблицы. Это лишь примерная оценка, используемая планировщиком. Она обновляется командами VACUUM, ANALYZE и несколькими командами DDL, например, CREATE INDEX.

Имя	Тип	Ссылки	Описание
reltoastrelid	oid	pg_class .oid	OID таблицы TOAST, связанной с данной таблицей, или 0, если таковой нет. В таблицу TOAST, как во вторичную, «выносятся» большие атрибуты.
relhasindex	bool		True, если это таблица и она имеет (или недавно имела) индексы
relisshared	bool		True, если эта таблица разделяется всеми базами данных в кластере. Разделяемыми являются только некоторые системные каталоги (как например, pg_database).
relpersistence	char		p = постоянная таблица (permanent), u = нежурналируемая таблица (unlogged), t = временная таблица (temporary)
relkind	char		r = обычная таблица (Relation), i = индекс (Index), s = последовательность (Sequence), t = таблица TOAST, v = представление (View), m = материализованное представление (Materialized view), c = составной тип (Composite type), f = сторонняя таблица (Foreign table), p = секционированная таблица (Partitioned table), I = секционированный индекс (partitioned Index)
relnatts	int2		Число пользовательских столбцов в отношении (системные столбцы не считаются). Столько же соответствующих строк должно быть в pg_attribute . См. также pg_attribute.attnum .

Имя	Тип	Ссылки	Описание
relchecks	int2		Число ограничений CHECK в таблице; см. каталог pg_constraint
relhasoids	bool		True, если для каждой строки отношения генерируется OID
relhasrules	bool		True, если для таблицы определены (или были определены) правила; см. каталог pg_rewrite
relhastriggers	bool		True, если для таблицы определены (или были определены) триггеры; см. каталог pg_trigger
relhassubclass	bool		True, если у таблицы есть (или были) потомки в иерархии наследования
relrowsecurity	bool		True, если для таблицы включена защита на уровне строк; см. каталог pg_policy
relforcerowsecurity	bool		True, если защита на уровне строк (когда она включена) также применяется к владельцу таблицы; см. каталог pg_policy
relispopulated	bool		True, если отношение наполнено данными (это истинно для всех отношений, кроме некоторых материализованных представлений)
relreplident	char		Столбцы, формирующие «идентификатор реплики» для строк: d = по умолчанию (первичный ключ, если есть), n = никакие (nothing), f = все столбцы, i = индекс (index), если задано значение indisreplident, либо набор по умолчанию
relispartition	bool		True, если таблица или индекс является секцией

Имя	Тип	Ссылки	Описание
relrewrite	oid	pg_class .oid	Для новых отношений, записываемых в процессе операции DDL, требующей перезаписи таблицы, это поле содержит OID исходного отношения; в противном случае — 0. Это состояние видимо только внутри; в этом поле никогда не должно быть ненулевого значения для видимого пользователем отношения.
relfrozenxid	xid		Идентификаторы транзакций, предшествующие данному, в этой таблице заменены постоянным («замороженным») идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать таблицу для предотвращения закливания идентификаторов или для сокращения объёма pg_xact . Если это отношение — не таблица, значение равно нулю (InvalidTransactionId).
relminmxid	xid		Идентификаторы мультитранзакций, предшествующие данному, в этой таблице заменены другим идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать таблицу для предотвращения закливания идентификаторов мультитранзакций или для сокращения объёма pg_multixact . Если это отношение — не таблица, значение равно нулю (InvalidMultiXactId).
relacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

Имя	Тип	Ссылки	Описание
reloptions	text[]		Специальные параметры для методов доступа, в виде строк «ключ=значение»
relpartbound	pg_node_tree		Если таблица является секцией (см. relispartition), внутреннее представление границ секции

Некоторые логические флаги в `pg_class` поддерживаются не строго: гарантируется, что они будут установлены при переходе в определённое состояние, но они могут не сбрасываться немедленно, когда условия поменяются. Например, `relhasindex` устанавливается командой `CREATE INDEX`, но никогда не сбрасывается командой `DROP INDEX`. Вместо этого, флаг `relhasindex` сбрасывается командой `VACUUM`, если она находит, что в таблице нет индексов. Такая организация позволяет избежать состояния гонки и способствует параллельному использованию.

52.12. pg_collation

В каталоге `pg_collation` описываются доступные правила сортировки, которые по сути представляют собой сопоставления идентификаторов SQL с категориями локалей операционной системы. За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 23.2.

Таблица 52.12. Столбцы `pg_collation`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
collname	name		Имя правила сортировки (уникальное для пространства имён и кодировки)
collnamespace	oid	<code>pg_namespace.oid</code>	OID пространства имён, содержащего это правило сортировки
collowner	oid	<code>pg_authid.oid</code>	Владелец правила сортировки
collprovider	char		Провайдер правила сортировки: <code>d</code> = установленный в базе по умолчанию, <code>c</code> = libc, <code>i</code> = icu
collencoding	int4		Кодировка, для которой применимо это правило, или -1, если оно работает с любой кодировкой
collcollate	name		<code>LC_COLLATE</code> для данного объекта
collctype	name		<code>LC_TYPE</code> для данного объекта
collversion	text		Определяемая провайдером версия прави-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ла сортировки. Она записывается при создании правила сортировки и проверяется при использовании для обнаружения изменений в его определении, чреватых повреждением данных.

Заметьте, что уникальный ключ в этом каталоге определён как (`collname`, `collencoding`, `collnamespace`), а не просто как (`collname`, `collnamespace`). Вообще PostgreSQL игнорирует все правила сортировки, для которых `collencoding` не равняется кодировке текущей базы данных или `-1`, а создание новых записей с тем же именем, которое уже имеет запись с `collencoding = -1`, запрещено. Таким образом, достаточно использовать полное имя SQL (*схема.имя*) для указания правила сортировки, несмотря на то, что оно может быть неуникальным согласно определению каталога. Такая организация каталога объясняется тем, что программа `initdb` наполняет его в момент инициализации кластера записями для всех локалей, обнаруженных в системе, так что она должна иметь возможность сохранить записи для всех кодировок, которые могут вообще когда-либо применяться в кластере.

В базе данных `template0` может быть полезно создать правила сортировки, кодировки которых не соответствуют кодировке этой базы, но которые могут оказаться у баз данных, скопированных впоследствии из `template0`. В настоящее время это придётся проделать вручную.

52.13. pg_constraint

В каталоге `pg_constraint` хранятся ограничения-проверки, ограничения-исключения, а также ограничения первичного ключа, уникальности и внешних ключей, определённые для таблиц. (Ограничения столбцов описываются как и все остальные. Любое ограничение столбца равнозначно некоторому ограничению таблицы.) Ограничения на NULL представляются не здесь, а в каталоге `pg_attribute`.

Для пользовательских триггеров ограничений (создаваемых командой `CREATE CONSTRAINT TRIGGER`) в этой таблице также создаётся запись.

Здесь также хранятся ограничения доменов.

Таблица 52.13. Столбцы `pg_constraint`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>conname</code>	<code>name</code>		Имя ограничения (не обязательно уникальное!)
<code>connamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего это ограничение
<code>contype</code>	<code>char</code>		<code>c</code> = ограничение-проверка (<code>check</code>), <code>f</code> = внешний ключ (<code>foreign key</code>), <code>p</code> = первичный ключ (<code>primary key</code>), <code>u</code> = ограничение уникальности (<code>unique</code>), <code>t</code> = триггер

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ограничения (trigger), x = ограничение-исключение (exclusion)
condeferrable	bool		Является ли ограничение откладываемым?
condeferred	bool		Является ли ограничение отложенным по умолчанию?
convalidated	bool		Было ли ограничение проверено? В настоящее время значение false возможно только для внешних ключей и ограничений CHECK
conrelid	oid	pg_class .oid	Таблица, для которой установлено это ограничение; 0, если это не ограничение таблицы
contypid	oid	pg_type .oid	Домен, к которому относится это ограничение; 0, если это не ограничение домена
conindid	oid	pg_class .oid	Индекс, поддерживающий это ограничение, если это ограничение уникальности, первичного или внешнего ключа, либо ограничение-исключение; в противном случае — 0
conparentid	oid	pg_constraint .oid	Соответствующее ограничение в родительской секционированной таблице, если это ограничение в секции; иначе 0
confrelid	oid	pg_class .oid	Если это внешний ключ, таблица, на которую он ссылается; иначе 0
confupdtype	char		Код действия при изменении внешнего ключа: a = нет действия, r = ограничить (restrict), c = каскадное действие (cascade), n = присвоить NULL, d = поведение по умолчанию
confdeltype	char		Код действия при удалении внешнего ключа: a = нет действия, r = ограничить (restrict), c

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			= каскадное действие (cascade), n = присвоить NULL, d = поведение по умолчанию
confmatchtype	char		Тип сопоставления внешнего ключа: f = полное (full), p = частичное (partial), s = простое (simple)
conislocal	bool		Ограничение определено локально в данном отношении. Заметьте, что ограничение может быть определено локально и при этом наследоваться.
coninhcount	int4		Число прямых предков этого ограничения. Ограничение с ненулевым числом предков нельзя удалить или переименовать.
connoinherit	bool		Ограничение определено локально для данного отношения и является ненаследуемым.
conkey	int2[]	pg_attribute .attnum	Для ограничений таблицы (включая внешние ключи, но не триггеры ограничений), определяет список столбцов, образующих ограничение
confkey	int2[]	pg_attribute .attnum	Для внешнего ключа определяет список столбцов, на которые он ссылается
conpfeqop	oid[]	pg_operator .oid	Для внешнего ключа список операторов равенства для сравнений PK = FK
conpreqop	oid[]	pg_operator .oid	Для внешнего ключа список операторов равенства для сравнений PK = PK
conffeqop	oid[]	pg_operator .oid	Для внешнего ключа список операторов равенства для сравнений FK = FK
conexclp	oid[]	pg_operator .oid	Для ограничения-исключения список опе-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			раторов исключения по столбцам
conbin	pg_node_tree		Для ограничения-проверки внутреннее представление выражения
consrc	text		Для ограничения-проверки понятное человеку представление выражения

В случае с ограничением-исключением значение `conkey` полезно только для элементов ограничений, представляющих простые ссылки на столбцы. Для других случаев в `conkey` задаётся ноль, и чтобы получить выражение, определяющее ограничение, надо обратиться к соответствующему индексу. (Таким образом, поле `conkey` имеет то же содержимое, что и `pg_index.indkey` для индекса.)

Примечание

Поле `consrc` не меняется при изменении задействованных в выражении объектов; например, в нём не отслеживается переименование столбцов. Поэтому лучше не полагаться на него, а воспользоваться функцией `pg_get_constraintdef()`, чтобы получить определение ограничения-проверки.

Примечание

Поле `pg_class.relchecks` должно согласовываться с числом ограничений-проверок, описанных в данной таблице для каждого отношения.

52.14. pg_conversion

В каталоге `pg_conversion` описываются функции преобразования кодировки. За дополнительными сведениями обратитесь к `CREATE CONVERSION`.

Таблица 52.14. Столбцы `pg_conversion`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
conname	name		Имя перекодировки (уникальное в пространстве имён)
connamespace	oid	<code>pg_namespace.oid</code>	OID пространства имён, содержащего эту перекодировку
conowner	oid	<code>pg_authid.oid</code>	Владелец перекодировки
conforencoding	int4		Идентификатор исходной кодировки
contoencoding	int4		Идентификатор целевой кодировки

Имя	Тип	Ссылки	Описание
conproc	regproc	pg_proc .oid	Функция преобразования
condefault	bool		True, если это перекодировка по умолчанию

52.15. pg_database

В каталоге `pg_database` хранится информация о доступных базах данных. Базы данных создаются командой `CREATE DATABASE`. Подробнее о предназначении некоторых свойств баз можно узнать в Главе 22.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_database` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_database` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.15. Столбцы `pg_database`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
datname	name		Имя базы данных
datdba	oid	pg_authid .oid	Владелец базы данных, обычно пользователь, создавший её
encoding	int4		Кодировка символов для этой базы данных (<code>pg_encoding_to_char()</code> может преобразовать этот номер в имя кодировки)
datcollate	name		LC_COLLATE для этой базы данных
datctype	name		LC_STYPE для этой базы данных
datistemplate	bool		Если true, базу данных сможет клонировать любой пользователь с правами CREATEDB; в противном случае, клонировать эту базу смогут только суперпользователи и её владелец.
dataallowconn	bool		Если false, никто не сможет подключаться к этой базе данных. Это позволяет защитить базу данных <code>template0</code> от модификаций.
datconnlimit	int4		Задаёт максимально допустимое число одновременных подключе-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ний к этой базе данных. С -1 ограничения нет.
datlastsysoid	oid		Последний системный OID в базе данных; в частности, полезен для pg_dump
datfrozenxid	xid		Все идентификаторы транзакций, предшествующие данному, в этой базе данных заменены постоянным («замороженным») идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать базу данных для предотвращения заикливания идентификаторов или для сокращения объёма pg_xact . Это значение вычисляется как минимум значений pg_class .relfrozenxid для всех таблиц.
datminmxid	xid		Идентификаторы мультитранзакций, предшествующие данному, в этой базе данных заменены другим идентификатором транзакции. Это нужно для определения, когда требуется очищать базу данных для предотвращения заикливания идентификаторов мультитранзакций или для сокращения объёма pg_multixact . Это значение вычисляется как минимум значений pg_class .relminmxid для всех таблиц.
dattablespace	oid	pg_tablespace .oid	Табличное пространство по умолчанию для данной базы данных. Если таблица базы находится в этом пространстве, для неё значение pg_class .reltablespace будет нулевым; в частности, в нём окажутся

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			все частные системные каталоги этой базы.
datacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

52.16. pg_db_role_setting

В каталоге `pg_db_role_setting` записываются значения по умолчанию, присваиваемые переменным конфигурации во время выполнения, для различных комбинаций ролей и баз данных.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_db_role_setting` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_db_role_setting` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.16. Столбцы `pg_db_role_setting`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
setdatabase	oid	<code>pg_database .oid</code>	OID базы данных, к которой относится это присвоение переменных, или ноль, если оно не связано с базой данных
setrole	oid	<code>pg_authid .oid</code>	OID роли, к которой применимо это присвоение переменных, или ноль, если оно не связано с ролью
setconfig	text[]		Значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

52.17. pg_default_acl

В каталоге `pg_default_acl` хранятся определения прав, изначально присваиваемые создаваемым объектам.

Таблица 52.17. Столбцы `pg_default_acl`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
defaclrole	oid	<code>pg_authid .oid</code>	OID роли, связанной с этой записью
defaclnamespace	oid	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, связанного с этой записью, или 0, если запись глобальная
defaclobjtype	char		Тип объекта, права для которого определяет эта запись: r = от-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ношение (relation) (таблица, представление), <i>s</i> = последовательность (sequence), <i>f</i> = функция (function), <i>t</i> = тип (type), <i>n</i> = схема (schema)
defaclacl	aclitem[]		Права доступа, назначаемые объекту данного типа при создании

В каталоге `pg_default_acl` описываются начальные права доступа, которые будут связаны с объектом, принадлежащим заданному пользователю. В настоящее время есть два типа записей: «глобальные», с `defaclnamespace = 0`, и «внутрисхемные», относящиеся к конкретной схеме. Если присутствует глобальная запись, она *переопределяет* обычный жёстко фиксированный набор прав для данного типа объектов. Если присутствует внутрисхемная запись, она представляет набор прав, *добавляемый* к набору прав, определённых глобально или жёстко заданных по умолчанию.

Заметьте, что когда поле ACL в другом каталоге содержит NULL, под этим подразумеваются жёстко заданные права по умолчанию для этого объекта, а не те, которые могут быть в `pg_default_acl` в данный момент. Права в `pg_default_acl` учитываются только при создании объекта.

52.18. pg_depend

В каталоге `pg_depend` записываются отношения зависимости между объектами базы данных. Благодаря этой информации, команды `DROP` могут найти, какие объекты должны удаляться при использовании `DROP CASCADE`, или когда нужно запрещать удаление при `DROP RESTRICT`.

Также смотрите описание каталога `pg_shdepend`, который играет подобную роль в отношении совместно используемых объектов в кластере баз данных.

Таблица 52.18. Столбцы `pg_depend`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
classid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID системного каталога, в котором находится зависимый объект
objid	oid	любой столбец OID	OID определённого зависимого объекта
objsubid	int4		Для столбца таблицы это номер столбца (<code>objid</code> и <code>classid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
refclassid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID системного каталога, в котором находится вышестоящий объект
refobjid	oid	любой столбец OID	OID определённого вышестоящего объекта
refobjsubid	int4		Для столбца таблицы это номер столбца (<code>refobjid</code> и <code>refclassid</code> указывают на саму таб-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			лицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
deptype	char		Код, определяющий конкретную семантику данного отношения зависимости; см. текст

Во всех случаях, запись в `pg_depend` показывает, что вышестоящий объект нельзя удалить, не удаляя подчинённый объект. Однако есть несколько подвидов зависимости, задаваемых в поле `deptype`:

DEPENDENCY_NORMAL (n)

Обычное отношение между отдельно создаваемыми объектами. Подчинённый объект можно удалить, не затрагивая вышестоящий объект. Вышестоящий объект можно удалить только с указанием `CASCADE`, при этом будет удалён и подчинённый объект. Например, столбец таблицы находится в обычной зависимости от своего типа данных.

DEPENDENCY_AUTO (a)

Подчинённый объект может быть удалён отдельно от вышестоящего и должен быть удалён автоматически (вне зависимости от указаний `RESTRICT` и `CASCADE`), если удаляется вышестоящий объект. Например, именованное ограничение для таблицы находится в автоматической зависимости от таблицы, так что оно исчезнет при удалении таблицы.

DEPENDENCY_INTERNAL (i)

Подчинённый объект был создан в процессе создания вышестоящего и на самом деле является только частью его внутренней реализации. Для такого объекта будет запрещена команда `DROP` (мы подскажем пользователю, что вместо этого надо выполнить `DROP` вышестоящий объект). Действие `DROP` для вышестоящего объекта будет распространено и на этот подчинённый объект, вне зависимости от присутствия указания `CASCADE`. Например, триггер, созданный для обеспечения ограничения внешнего ключа, становится внутренне зависимым от записи ограничения в `pg_constraint`.

DEPENDENCY_INTERNAL_AUTO (I)

Подчинённый объект был создан в процессе создания вышестоящего и на самом деле является только частью его внутренней реализации. Для такого объекта будет запрещена команда `DROP` (мы подскажем пользователю, что вместо неё надо выполнить `DROP` для вышестоящего объекта). Тогда как обычная внутренняя зависимость не позволит удалить зависимый объект, пока существуют такие зависимости, с `DEPENDENCY_INTERNAL_AUTO` будет выполнено удаление объектов, которые могут найтись по цепочке этих зависимостей. Например, индекс в секции становится автоматически внутренне зависимым и от самой секции, и от индекса родительской секционированной таблицы; поэтому секционированный индекс удаляется вместе с секцией, которую он индексирует, либо с родительским индексом, к которому он присоединён.

DEPENDENCY_EXTENSION (e)

Подчинённый объект входит в состав *расширения*, которое является вышестоящим объектом (см. `pg_extension`). Удалить подчинённый объект можно, только выполнив команду `DROP EXTENSION` для вышестоящего объекта. Функционально этот тип зависимости действует так же, как и внутренняя зависимость, но он выделен для наглядности и упрощения `pg_dump`.

DEPENDENCY_AUTO_EXTENSION (x)

Подчинённый объект не входит в состав расширения, которое является вышестоящим объектом (и поэтому не должен игнорироваться утилитой `pg_dump`), но не может функционировать без него, и поэтому должен удаляться при удалении расширения. При этом подчинённый объект может быть удалён и сам по себе.

DEPENDENCY_PIN (p)

Зависимый объект отсутствует; этот тип записи показывает, что система сама зависит от вышестоящего объекта, так что этот объект нельзя удалить ни при каких условиях. Записи этого типа создаются только командой `initdb`. Поля зависимого объекта в такой записи содержат нули.

В будущем могут появиться и другие подвиды зависимости.

52.19. pg_description

В каталоге `pg_description` хранятся дополнительные описания (комментарии) для объектов баз данных. Описания можно задавать с помощью команды `COMMENT` и просматривать в `psql`, используя команды `\d`. В начальном содержимом `pg_description` представлены описания многих встроенных системных объектов.

Также смотрите каталог `pg_shdescription`, который играет подобную роль в отношении совместно используемых объектов в кластере баз данных.

Таблица 52.19. Столбцы `pg_description`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>objoid</code>	<code>oid</code>	любой столбец OID	OID объекта, к которому относится это описание
<code>classoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class.oid</code>	OID системного каталога, к которому относится этот объект
<code>objsubid</code>	<code>int4</code>		Для комментария к столбцу таблицы это номер столбца (<code>objoid</code> и <code>classoid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
<code>description</code>	<code>text</code>		Произвольный текст, служащий описанием данного объекта

52.20. pg_enum

В каталоге `pg_enum` содержатся записи, определяющие значения и метки для всех типов-перечислений. Внутренним представлением значения перечисления на самом деле является OID соответствующей строки в `pg_enum`.

Таблица 52.20. Столбцы `pg_enum`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>enumtypid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type.oid</code>	OID типа в <code>pg_type</code> , к которому относится данное значение перечисления
<code>enumsortorder</code>	<code>float4</code>		Порядок сортировки этого значения внутри перечисления

Имя	Тип	Ссылки	Описание
enumlabel	name		Текстовая метка данного значения перечисления

Идентификаторы OID в строках `pg_enum` подчиняются особому правилу: чётные OID гарантированно упорядочиваются по порядку сортировки их типа перечисления. То есть, если к одному перечислению относятся два чётных OID, меньшему OID должно соответствовать меньшее значение `enumsortorder`. Нечётные значения OID могут быть не связаны с этим порядком сортировки. Это правило позволяет во многих случаях сравнивать значения перечислений, не обращаясь к каталогам. Процедуры, создающие и изменяющие перечисления, пытаются присваивать значениям перечислений чётные OID, если это возможно.

Когда создаётся тип перечисления, его членам назначаются позиции по порядку сортировки `1..n`. Но у членов, добавляемых позже, могут оказаться отрицательные или дробные значения `enumsortorder`. Единственное, что требуется — чтобы эти значения были правильно упорядочены и уникальны в рамках перечисления.

52.21. pg_event_trigger

В каталоге `pg_event_trigger` хранится информация о событийных триггерах. За дополнительными сведениями обратитесь к Главе 40.

Таблица 52.21. Столбцы `pg_event_trigger`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
evtname	name		Имя триггера (должно быть уникальным)
evtevent	name		Указывает, для какого события срабатывает данный триггер
evtowner	oid	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец событийного триггера
evtfoid	oid	<code>pg_proc .oid</code>	Вызываемая функция
evtenabled	char		Устанавливает, в каких режимах <code>session_replication_role</code> срабатывает событийный триггер: <code>O</code> = триггер срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), <code>D</code> = триггер отключён, <code>R</code> = триггер срабатывает в режиме «replica» (реплика), <code>A</code> = триггер срабатывает всегда.
evttags	text[]		Теги команд, для которых будет срабатывать триггер. Если <code>NULL</code> , срабатывание триггера не будет ограничено в зависимости от тега команды.

52.22. pg_extension

В каталоге `pg_extension` хранится информация об установленных расширениях. Подробнее о расширениях можно узнать в Разделе 38.16.

Таблица 52.22. Столбцы `pg_extension`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>extname</code>	<code>name</code>		Имя расширения
<code>extowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец расширения
<code>extnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	Схема, содержащая экспортируемые расширением объекты
<code>extrelocatable</code>	<code>bool</code>		True, если расширение можно переместить в другую схему
<code>extversion</code>	<code>text</code>		Имя версии расширения
<code>extconfig</code>	<code>oid[]</code>	<code>pg_class .oid</code>	Массив с идентификаторами <code>regclass</code> , указывающими на таблицы конфигурации расширения, либо NULL, если таких таблиц нет
<code>extcondition</code>	<code>text[]</code>		Массив с условиями фильтра <code>WHERE</code> для таблиц конфигурации расширения, либо NULL, если таких условий нет

Заметьте, что в отличие от большинства каталогов со столбцом «namespace», здесь `extnamespace` не подразумевает, что расширение принадлежит данной схеме. Имена расширений никогда не дополняются схемой. Вместо этого, `extnamespace` показывает, что в этой схеме содержатся все или большинство объектов расширения. Если `extrelocatable` имеет значение `true`, эта схема должна фактически содержать все относящиеся к схеме объекты, составляющие это расширение.

52.23. `pg_foreign_data_wrapper`

В каталоге `pg_foreign_data_wrapper` хранятся определения обёрток сторонних данных. Обёрткой сторонних данных называется механизм, через который становятся доступны внешние данные, расположенные на сторонних серверах.

Таблица 52.23. Столбцы `pg_foreign_data_wrapper`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>fdwname</code>	<code>name</code>		Имя обёртки сторонних данных
<code>fdwowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец обёртки сторонних данных
<code>fdwhandler</code>	<code>oid</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Указывает на функцию-обработчик, отве-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			чающую за выдачу набора исполняемых процедур для обёртки сторонних данных. Ноль говорит об отсутствии такого обработчика
fdwvalidator	oid	pg_proc .oid	Указывает на функцию проверки, которая отвечает за проверку правильности параметров, передаваемых обёртке сторонних данных, а также параметров для сторонних серверов и сопоставлений пользователей, задаваемых через эту обёртку. Ноль говорит об отсутствии такой функции
fdwacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE
fdwoptions	text []		Специальные параметры обёртки сторонних данных, в виде строк «ключ=значение»

52.24. pg_foreign_server

В каталоге `pg_foreign_server` хранятся определения сторонних серверов. Запись стороннего сервера описывает источник внешних данных, например удалённый сервер. Обращение к сторонним серверам происходит через обёртки сторонних данных.

Таблица 52.24. Столбцы `pg_foreign_server`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
srvname	name		Имя стороннего сервера
srvowner	oid	pg_authid .oid	Владелец стороннего сервера
srvfdw	oid	pg_foreign_data_wrapper .oid	OID обёртки сторонних данных для этого стороннего сервера
srvtype	text		Тип сервера (необязателен)
srvversion	text		Версия сервера (необязательна)
srvacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			теперь к описанию GRANT и REVOKE
srvoptions	text[]		Специальные параметры стороннего сервера, в виде строк «ключ=значение»

52.25. pg_foreign_table

В каталоге `pg_foreign_table` содержится дополнительная информация о сторонних таблицах. Прежде всего сторонняя таблица представляется записью в `pg_class`, как и обычная. Запись в `pg_foreign_table` для неё содержит свойства, применимые только к сторонним таблицам, но не к каким-либо другим типам отношений.

Таблица 52.25. Столбцы `pg_foreign_table`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
ftrelid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для этой сторонней таблицы
ftserver	oid	<code>pg_foreign_server.oid</code>	OID стороннего сервера для этой сторонней таблицы
ftoptions	text[]		Параметры сторонней таблицы, в виде строк «ключ=значение»

52.26. pg_index

В каталоге `pg_index` содержится часть информации об индексах. Остальная информация в основном находится в `pg_class`.

Таблица 52.26. Столбцы `pg_index`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
indexrelid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для этого индекса
indrelid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для таблицы, к которой относится этот индекс
indnatts	int2		Общее число столбцов в индексе (повторяет значение <code>pg_class.relnatts</code>). В это число входят и ключевые, и включённые атрибуты.
indnkeyatts	int2		Число ключевых атрибутов в индексе, без учёта включённых атрибутов, которые хранятся в индексе, но не учитываются в его семантике

Имя	Тип	Ссылки	Описание
indisunique	bool		Если true, это уникальный индекс
indisprimary	bool		Если true, этот индекс представляет первичный ключ таблицы (в этом случае и в поле indisunique должно быть значение true)
indisexclusion	bool		Если true, этот индекс поддерживает ограничение-исключение
indimmediate	bool		Если true, проверка уникальности осуществляется непосредственно при добавлении данных (неприменимо, если значение indisunique не true)
indisclustered	bool		Если true, таблица в последний раз кластеризовалась по этому индексу
indisvalid	bool		Если true, индекс можно применять в запросах. Значение false означает, что индекс, возможно, неполный: он будет, тем не менее, изменяться командами INSERT/UPDATE, но безопасно применять его в запросах нельзя. Если он уникальный, свойство уникальности также не гарантируется.
indcheckxmin	bool		Если true, запросы не должны использовать этот индекс, пока поле xmin данной записи в pg_index не окажется ниже их горизонта событий TransactionXmin, так как таблица может содержать оборванные цепочки HOT, с видимыми несовместимыми строками
indisready	bool		Если true, индекс готов к добавлению данных. Значение false означает, что индекс иг-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			норируется операциями INSERT/UPDATE.
indislive	bool		Если false, индекс находится в процессе удаления и его следует игнорировать для любых целей (включая вопрос применимости HOT)
indisreplident	bool		Если true, этот индекс выбран в качестве «идентификатора реплики» командой ALTER TABLE ... REPLICA IDENTITY USING INDEX ...
indkey	int2vector	pg_attribute .attnum	Это массив из indnatts значений, указывающих, какие столбцы таблицы индексирует этот индекс. Например, значения 1 3 будут означать, что в индекс входят первый и третий столбцы таблицы. Ключевые столбцы указываются перед неключевыми (включёнными) столбцами. Ноль в этом массиве означает, что соответствующий атрибут индекса определяется выражением со столбцами таблицы, а не просто ссылкой на столбец.
indcollation	oidvector	pg_collation .oid	Для каждого столбца в ключе индекса этот массив (из indnkeyatts значений) содержит OID правила сортировки для применения в этом индексе либо 0, если тип данных этого столбца не сортируемый.
indclass	oidvector	pg_opclass .oid	Для каждого столбца в ключе индекса этот массив (из indnkeyatts значений) содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании pg_opclass .

Имя	Тип	Ссылки	Описание
indoption	int2vector		Это массив из <code>indnkeyatts</code> значений, в которых хранятся битовые флаги для отдельных столбцов. Значение этих флагов определяет метод доступа индекса.
indexprs	pg_node_tree		Деревья выражений (в представлении <code>nodeToString()</code>) для атрибутов индекса, не являющихся простыми ссылками на столбцы. Этот список содержит один элемент для каждого нулевого значения в <code>indkey</code> . Значением может быть NULL, если все атрибуты индекса представляют собой простые ссылки.
indpred	pg_node_tree		Дерево выражения (в представлении <code>nodeToString()</code>) для предиката частичного индекса, либо NULL, если это не частичный индекс.

52.27. pg_inherits

В каталоге `pg_inherits` содержится информация об иерархиях наследования таблиц. Для каждой непосредственной связи «родительская-дочерняя таблица» в ней содержится одна запись. (Косвенное наследование можно определить, просмотрев цепочку записей.)

Таблица 52.27. Столбцы `pg_inherits`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
inhrelid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID дочерней таблицы
inhparent	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID родительской таблицы
inhseqno	int4		Если у дочерней таблицы есть несколько непосредственных родителей (множественное наследование), это число определяет порядок, в котором располагаются наследованные столбцы. Нумерация начинается с 1.

52.28. pg_init_privs

В каталоге `pg_init_privs` содержится информация об изначально назначаемых правах для объектов в системе. Для каждого объекта в базе данных, имеющего нестандартный (отличный от NULL) начальный набор прав, в ней содержится одна запись.

Начальные права доступа для объектов могут задаваться либо при инициализации базы данных (программой `initdb`), либо когда объект создаётся в процессе `CREATE EXTENSION` и скрипт расширения задаёт права, задействуя систему `GRANT`. Заметьте, что эта система автоматически записывает права, устанавливаемые скриптом расширения, так что авторам расширений достаточно использовать в своих скриптах только `GRANT` и `REVOKE`, чтобы права были сохранены. Столбец `privtype` показывает, были ли начальные права заданы программой `initdb` или в процессе выполнения команды `CREATE EXTENSION`.

Для объектов, которым начальные права были назначены программой `initdb`, записи в `privtype` помечаются буквой 'i', а для объектов, которым права назначались в процессе `CREATE EXTENSION`, — буквой 'e'.

Таблица 52.28. Столбцы `pg_init_privs`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>objoid</code>	<code>oid</code>	любой столбец OID	OID определённого объекта
<code>classoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	OID системного каталога, в котором находится объект
<code>objsubid</code>	<code>int4</code>		Для столбца таблицы это номер столбца (<code>objoid</code> и <code>classoid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
<code>privtype</code>	<code>char</code>		Код, определяющий тип начального права для объекта; см. текст
<code>initprivs</code>	<code>aclitem[]</code>		Начальные права доступа; за подробностями обратитесь к описанию <code>GRANT</code> и <code>REVOKE</code>

52.29. `pg_language`

В каталоге `pg_language` регистрируются языки, на которых возможно писать функции или хранимые процедуры. За дополнительной информацией о языковых обработчиках обратитесь к описанию `CREATE LANGUAGE` и Главе 42.

Таблица 52.29. Столбцы `pg_language`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>lanname</code>	<code>name</code>		Имя языка
<code>lanowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец языка
<code>lanispl</code>	<code>bool</code>		Для внутренних языков (например, SQL) содержит <code>false</code> , а для поль-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			зовательских языков — true. В настоящее время, pg_dump всё ещё пользуется этим признаком, чтобы определить, какие языки нужно выгружать, но в будущем ему на смену может прийти другой механизм.
lanpltrusted	bool		True, если это доверенный язык, что означает, что можно рассчитывать на то, что он не открывает доступ куда-либо за пределы обычной среды исполнения SQL. Создавать функции на недоверенных языках могут только суперпользователи.
lanplcallfoid	oid	pg_proc .oid	Для не внутренних языков это значение указывает на языковой обработчик, который представляет собой специальную функцию, отвечающую за выполнение всех процедур, написанных на этом языке
laninline	oid	pg_proc .oid	Это значение указывает на функцию, отвечающую за выполнение «внедрённых» анонимных блоков кода (блоков DO). Ноль, если внедрённые блоки не поддерживаются.
lanvalidator	oid	pg_proc .oid	Это значение указывает на функцию проверки языка, которая отвечает за проверку синтаксиса и правильности новых функций в момент их создания. Ноль, если функция проверки отсутствует.
lanacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

52.30. pg_largeobject

В каталоге `pg_largeobject` содержатся данные, образующие «большие объекты». Большой объект идентифицируется по OID, назначаемому при его создании. Каждый большой объект разделяется на сегменты или «страницы», достаточно небольшие для удобного размещения в строках таблицы `pg_largeobject`. Объём данных на странице определяется как `LOBLKSIZE` (что в настоящее время составляет `BLCKSZ/4`, то есть обычно 2 Кб).

До PostgreSQL 9.0 большие объекты не были связаны с механизмом разрешений. В результате таблица `pg_largeobject` была доступна на чтение для всех и через неё можно было получить OID (и содержимое) всех больших объектов в системе. Теперь это не так; для получения списка OID больших объектов нужно обратиться к `pg_largeobject_metadata`.

Таблица 52.30. Столбцы `pg_largeobject`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>loid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_largeobject_metadata.oid</code>	Идентификатор большого объекта, включающего эту страницу
<code>pageno</code>	<code>int4</code>		Номер этой страницы в большом объекте (начиная с нуля)
<code>data</code>	<code>bytea</code>		Собственно данные, хранящиеся в большом объекте. Их объём не может превышать <code>LOBLKSIZE</code> , но может быть меньше.

В каждой строке `pg_largeobject` содержатся данные для одной строки большого объекта, начиная со смещения (`pageno * LOBLKSIZE`) внутри него (в байтах). Эта реализация допускает разреженное хранилище: страницы могут отсутствовать и могут быть короче `LOBLKSIZE`, даже если это не последние страницы объектов. Пропущенные области в большом объекте будут считываться как нулевые.

52.31. `pg_largeobject_metadata`

В каталоге `pg_largeobject_metadata` содержатся метаданные, связанные с большими объектами. Собственно данные больших объектов хранятся в `pg_largeobject`.

Таблица 52.31. Столбцы `pg_largeobject_metadata`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>lomowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid.oid</code>	Владелец большого объекта
<code>lomacl</code>	<code>aclitem[]</code>		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию <code>GRANT</code> и <code>REVOKE</code>

52.32. `pg_namespace`

В `pg_namespace` сохраняются пространства имён. Пространство имён представляет собой структуру, на которой основываются схемы SQL: в каждом пространстве имён без конфликтов может существовать отдельный набор отношений, типов и т. д.

Таблица 52.32. Столбцы pg_namespace

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
nspname	name		Имя пространства имён
nspowner	oid	pg_authid .oid	Владелец пространства имён
nspacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

52.33. pg_opclass

В каталоге pg_opclass определяются классы операторов для методов доступа индексов. Каждый класс операторов устанавливает конкретную операцию для индексируемых столбцов определённого типа данных и определённого метода доступа. Класс операторов по сути устанавливает, что некоторое семейство операторов применимо к определённому индексируемому типу столбца. Набор операторов из семейства, которые действительно можно использовать с индексируемым столбцом, образуют те, что принимают тип данных столбца в качестве левого операнда.

Классы операторов углублённо рассматриваются в Разделе 38.15.

Таблица 52.33. Столбцы pg_opclass

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
opcmethod	oid	pg_am .oid	Метод доступа индекса, для которого создан этот класс операторов
opcname	name		Имя этого класса операторов
opcnamespace	oid	pg_namespace .oid	Пространство имён этого класса операторов
opcowner	oid	pg_authid .oid	Владелец класса операторов
opcfamily	oid	pg_opfamily .oid	Семейство операторов, содержащее этот класс операторов
opcintype	oid	pg_type .oid	Тип данных, индексируемый данным классом операторов
opcdefault	bool		True, если этот класс операторов применяется по умолчанию для opcintype
opckeytype	oid	pg_type .oid	Тип данных, хранимых в индексе, или ноль, если он совпадает с opcintype

Значение `opcmethod` класса операторов должно совпадать с `opfmethod` для содержащего его семейства операторов. Кроме того, должно быть не больше одной строки в `pg_opclass`, в которой `opcdefault` равно `true` для любой данной комбинации `opcmethod` и `opcintype`.

52.34. pg_operator

В каталоге `pg_operator` хранится информация об операторах. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию `CREATE OPERATOR` и Разделу 38.13.

Таблица 52.34. Столбцы `pg_operator`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>oprname</code>	<code>name</code>		Имя оператора
<code>oprnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего этот оператор
<code>oprowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец оператора
<code>oprkind</code>	<code>char</code>		<code>b</code> = инфиксный («both»), <code>l</code> = префиксный («left»), <code>r</code> = постфиксный («right»)
<code>oprcanmerge</code>	<code>bool</code>		Этот оператор поддерживает соединение слиянием
<code>oprcanhash</code>	<code>bool</code>		Этот оператор поддерживает соединение по хешу
<code>oprleft</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	Тип левого операнда
<code>oprright</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	Тип правого операнда
<code>oprresult</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	Тип результата
<code>oprcom</code>	<code>oid</code>	<code>pg_operator .oid</code>	Коммутирующий для данного оператор, если есть
<code>oprnegate</code>	<code>oid</code>	<code>pg_operator .oid</code>	Обратный для данного оператор, если есть
<code>oprcode</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция, реализующая этот оператор
<code>oprrest</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция оценки избирательности ограничения для данного оператора
<code>oprjoin</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция оценки избирательности соединения для данного оператора

Неиспользуемые поля содержат нули. Например, поле `oprleft` будет содержать ноль для префиксного оператора.

52.35. pg_opfamily

В каталоге `pg_opfamily` определяются семейства операторов. Каждое семейство операторов представляет собой набор операторов и связанных с ними опорных процедур, реализующих операции, требуемые для определённого метода доступа. Более того, все операторы в семействе являются «совместимыми», в том смысле, который определяется методом доступа. Концепция семейства операторов позволяет использовать в индексах операторы смешанных типов и рассматривать их, используя знание семантики метода доступа.

Семейства операторов углублённо рассматриваются в Разделе 38.15.

Таблица 52.35. Столбцы `pg_opfamily`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>opfmeth</code>	<code>oid</code>	<code>pg_am .oid</code>	Метод доступа индекса, для которого предназначено семейство операторов
<code>opfname</code>	<code>name</code>		Имя семейства операторов
<code>opfnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	Пространство имён семейства операторов
<code>opfowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец семейства операторов

Основная часть информации, определяющей семейство операторов, находится не в строке `pg_opfamily`, а в связанных строках в `pg_amop`, `pg_amproc` и `pg_opclass`.

52.36. `pg_partitioned_table`

В каталоге `pg_partitioned_table` хранится информация о секционировании таблиц.

Таблица 52.36. Столбцы `pg_partitioned_table`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>partrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для этой секционированной таблицы
<code>partstrat</code>	<code>char</code>		Стратегия секционирования; <code>h</code> = секционирование по хешу (Hash), <code>l</code> = секционирование по спискам (List), <code>r</code> = секционирование по диапазонам (Range)
<code>partnatts</code>	<code>int2</code>		Число столбцов в ключе разбиения
<code>partdefid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для секции по умолчанию в данной секционированной таблице или ноль, если в этой секционированной таблице нет секции по умолчанию.

Имя	Тип	Ссылки	Описание
partattrs	int2vector	pg_attribute .attnum	Это массив из partnatts значений, указывающих, какие столбцы таблицы входят в ключ разбиения. Например, значения 1 3 будут означать, что ключ разбиения составляют первый и третий столбцы таблицы. Ноль в этом массиве означает, что соответствующей частью ключа разбиения является выражение, а не ссылка на отдельный столбец.
partclass	oidvector	pg_opclass .oid	Для каждого столбца в ключе разбиения этот массив содержит OID применяемых классов операторов. Подробнее это рассматривается в описании pg_opclass .
partcollation	oidvector	pg_opclass .oid	Для каждого столбца в ключе разбиения этот массив содержит OID правила сортировки для секционирования либо 0, если тип данных этого столбца не сортируемый.
partexprs	pg_node_tree		Деревья выражений (в представлении nodeToString()) для частей ключа разбиения, не являющихся простыми ссылками на столбцы. Этот список содержит один элемент для каждого нулевого значения в partattrs. Значением может быть NULL, если все части ключа разбиения являются простыми указаниями столбцов.

52.37. pg_pltemplate

В каталоге pg_pltemplate хранится информация о «шаблонах» для процедурных языков. Шаблон для языка позволяет создать язык в определённой базе данных простой командой CREATE LANGUAGE, без необходимости указывать подробности реализации.

В отличие от большинства системных каталогов, pg_pltemplate разделяется всеми базами данных в кластере: есть только один экземпляр pg_pltemplate в кластере, а не отдельные в базе данных.

Благодаря этому, к данной информации при необходимости можно обращаться в любой базе данных.

Таблица 52.37. Столбцы pg_pltemplate

Имя	Тип	Описание
tmplname	name	Имя языка, для которого предназначен этот шаблон
tmpltrusted	boolean	True, если язык считается доверенным
tmpldbacreate	boolean	True, если язык может быть создан владельцем базы данных
tmplhandler	text	Имя функции-обработчика вызова
tmpline	text	Имя функции-обработчика анонимного кода, либо NULL, если её нет
tmplvalidator	text	Имя функции проверки, либо NULL, если её нет
tmpllibrary	text	Путь к разделяемой библиотеке, реализующей этот язык
tmplacl	aclitem[]	Права доступа для шаблона (фактически не используются)

В настоящее время для управления шаблонами процедурных языков нет никаких команд; чтобы изменить встроенную информацию, суперпользователь должен модифицировать эту таблицу, выполняя обычные команды INSERT, DELETE или UPDATE.

Примечание

Скорее всего каталог pg_pltemplate будет ликвидирован в каком-нибудь будущем выпуске PostgreSQL, а эти знания о процедурных языках будут храниться в соответствующих скриптах установки расширений.

52.38. pg_policy

В каталоге pg_policy хранятся политики защиты на уровне строк для таблиц. Описание политики включает тип команды, к которой она применяется (это могут быть все команды), роли, к которым она применяется, выражение, добавляемое к условию барьера безопасности в запросы, обращающиеся к таблице, и выражение, добавляемое к условию WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавить в таблицу новые записи.

Таблица 52.38. Столбцы pg_policy

Имя	Тип	Ссылки	Описание
polname	name		Имя политики.
polrelid	oid	pg_class .oid	Таблица, к которой применяется политика
polcmd	char		Тип команды, к которой применяется политика: r обозначает SELECT, a — INSERT, w — UPDATE, d — DELETE, a * — все команды

Имя	Тип	Ссылки	Описание
polpermissive	boolean		Является ли политика разрешительной или ограничительной?
polroles	oid[]	pg_authid .oid	Роли, к которым применяется политика.
polqual	pg_node_tree		Дерево выражения, добавляемое к условиям барьера безопасности в запросы, использующие таблицу
polwithcheck	pg_node_tree		Дерево выражения, добавляемое к условиям WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавлять строки в таблицу

Примечание

Политики хранятся в pg_policy и применяются только когда для этой таблицы установлено свойство pg_class.relrowsecurity.

52.39. pg_proc

В каталоге pg_proc хранится информация об обычных функциях, процедурах, агрегатных и оконных функциях (в совокупности также называемых подпрограммами). За дополнительными сведениями обратитесь к описанию CREATE FUNCTION, CREATE PROCEDURE и Разделу 38.3.

Если prokind указывает, что данная запись описывает агрегатную функцию, в pg_aggregate должна быть соответствующая строка.

Таблица 52.39. Столбцы pg_proc

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
proname	name		Имя функции
pronamespace	oid	pg_namespace .oid	OID пространства имён, содержащего эту функцию
proowner	oid	pg_authid .oid	Владелец функции
prolang	oid	pg_language .oid	Язык реализации или интерфейс вызова для этой функции
procost	float4		Примерная стоимость выполнения (в единицах cpu_operator_cost); если установлен признак proretset, это стоимость выдачи одной строки

Имя	Тип	Ссылки	Описание
prorows	float4		Примерное число возвращаемых строк (ноль, если признак <code>proretset</code> не установлен)
provariadic	oid	<code>pg_type .oid</code>	Тип данных элементов переменного массива параметров, либо 0, если функция не принимает переменное число параметров
protransform	regproc	<code>pg_proc .oid</code>	Вызовы этой функции могут быть упрощены заданной функцией (см. Подраздел 38.10.10)
prokind	char		<code>f</code> — обычная функция (Function), <code>p</code> — процедура (Procedure), <code>a</code> — агрегатная функция (Aggregate function) или <code>w</code> — оконная функция (Window function)
prosecdef	bool		Функция определяет контекст безопасности (т. е. это функция «setuid»)
proleakproof	bool		Функция не имеет побочных эффектов. Никакая информация о её аргументах не выдётся, кроме как через возвращаемое значение. Любая функция, которая может выдать ошибку, в зависимости от значений аргументов, не является герметичной.
proisstrict	bool		Функция возвращает NULL, если любой из аргументов при вызове NULL. В этом случае функция фактически не будет вызываться вовсе. Функции, не являющиеся «строгими», должны быть готовы принять значения NULL.
proretset	bool		Функция возвращает множество (т. е. множество значений указанного типа данных)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
provolatile	char		Свойство <code>provolatile</code> говорит, зависит ли результат функции только от её входных аргументов, либо на него влияют внешние факторы. Буквой <code>i</code> обозначаются постоянные функции («immutable»), которые всегда возвращают один результат для одних и тех же аргументов. Буквой <code>s</code> обозначаются стабильные функции («stable»), результаты которых (для одних и тех же аргументов) не меняются в ходе одного сканирования. Буквой <code>v</code> обозначаются изменчивые функции («volatile»), результаты которых могут меняться в любое время. (Так же <code>v</code> следует выбирать для функций с побочными эффектами, чтобы система не оптимизировала их вызовы.)
proparallel	char		Свойство <code>proparallel</code> говорит, может ли эта функция безопасно выполняться в параллельном режиме. Символом <code>s</code> в нём обозначаются функции, которые могут выполняться в параллельном режиме без ограничений. Символом <code>r</code> обозначаются функции, которые могут выполняться в параллельном режиме, но только в ведущем процессе группы; в параллельных рабочих процессах вызывать их нельзя. Символом <code>u</code> отмечаются функции небезопасные в параллельном режиме; присутствие такой функции влечёт выбор последовательного пла-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			на выполнения запроса.
pronargs	int2		Число входных аргументов
pronargdefaults	int2		Число аргументов, для которых определены значения по умолчанию
prorettytype	oid	pg_type .oid	Тип данных возвращаемого значения
proargtypes	oidvector	pg_type .oid	Массив с типами данных аргументов функции. В нём учитываются только входные аргументы функции (включая аргументы INOUT и VARIADIC), так что он представляет сигнатуру вызова функции.
proallargtypes	oid[]	pg_type .oid	Массив с типами данных аргументов функции. В нём учитываются все аргументы (включая аргументы OUT и INOUT); однако, если все аргументы только входные (IN), это поле будет содержать NULL. Заметьте, что индексы в нём начинаются с 1, тогда как в proargtypes по историческим причинам они начинаются с 0.
proargmodes	char[]		Массив с режимами аргументов функций, закодированными как i для входных аргументов (IN), o для выходных аргументов (OUT), b для аргументов входных и выходных одновременно (INOUT), v для переменных аргументов (VARIADIC) и t для табличных аргументов (TABLE). Если все аргументы являются аргументами IN, это поле может содержать NULL. Заметьте, что индексы в этом массиве соответствуют позици-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ям в <code>proallargtypes</code> , а не в <code>proargtypes</code> .
<code>proargnames</code>	<code>text[]</code>		Массив с именами аргументов функции. Для аргументов без имени в этом массиве задаются пустые строки. Если все аргументы функции безымянные, это поле может содержать NULL. Заметьте, что индексы в этом массиве соответствуют позициям в <code>proallargtypes</code> , а не в <code>proargtypes</code> .
<code>proargdefaults</code>	<code>pg_node_tree</code>		Деревья выражений (в представлении <code>nodeToString()</code>) для значений аргументов по умолчанию. Это список, содержащий <code>proargdefaults</code> элементов, соответствующих последним <i>N</i> входным аргументам (т. е., последним <i>N</i> позициям в <code>proargtypes</code>). Если значение по умолчанию не имеет никакой аргумент, это поле может содержать NULL.
<code>protrftypes</code>	<code>oid[]</code>		OID типов данных, к которым будут применяться трансформации.
<code>prosrc</code>	<code>text</code>		Это значение говорит обработчику функции, как вызывать данную функцию. Это может быть собственно исходный код функции для интерпретируемых языков, объектный символ, имя файла или что-то другое, в зависимости от языка реализации/соглашения о вызовах.
<code>probin</code>	<code>text</code>		Дополнительная информация о том, как вызывать функцию. Интерпретация этого значения так же зависит от языка.

Имя	Тип	Ссылки	Описание
proconfig	text[]		Локальные присвоения конфигурационных переменных времени выполнения, действующие в рамках функции
proacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

Для скомпилированных функций, как встроенных, так и динамически загружаемых, поле `prosrc` содержит имя функции на языке C (объектный символ). Для всех других известных сегодня типов языков поле `prosrc` содержит исходный код функции. Поле `probin` используется только для динамически загружаемых функций на C, для которых оно задаёт имя разделяемой библиотеки, содержащей эти функции.

52.40. pg_publication

Каталог `pg_publication` содержит все публикации, созданные в базе данных. Подробнее о публикациях можно узнать в Разделе 31.1.

Таблица 52.40. Столбцы `pg_publication`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
pubname	name		Имя публикации
pubowner	oid	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец публикации
puballtables	bool		Если true, эта публикация автоматически включает все таблицы в базе данных, в том числе и те, что будут созданы в будущем.
pubinsert	bool		Если true, операции INSERT реплицируются для таблиц в репликации.
pubupdate	bool		Если true, операции UPDATE реплицируются для таблиц в публикации.
pubdelete	bool		Если true, операции DELETE реплицируются для таблиц в публикации.
pubtruncate	bool		Если true, операции TRUNCATE реплицируются для таблиц в публикации.

52.41. pg_publication_rel

Каталог `pg_publication_rel` содержит сопоставления отношений и публикаций в базе данных (это сопоставления вида многие-ко-многим). Более понятное пользователю представление этой информации можно также получить в Разделе 52.78.

Таблица 52.41. Столбцы `pg_publication_rel`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>prpubid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_publication .oid</code>	Ссылка на публикацию
<code>prrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Ссылка на отношение

52.42. `pg_range`

В каталоге `pg_range` хранится информация о типах диапазонов. Эта информация дополняет записи типов в `pg_type`.

Таблица 52.42. Столбцы `pg_range`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>rngtypid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	OID типа диапазона
<code>rngsubtype</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	OID типа элемента (подтипа) данного типа диапазона
<code>rngcollation</code>	<code>oid</code>	<code>pg_collation .oid</code>	OID правила сортировки, применяемого для сравнения диапазонов, либо 0 в случае его отсутствия
<code>rngsubopc</code>	<code>oid</code>	<code>pg_opclass .oid</code>	OID класса операторов подтипа, применяемого для сравнения диапазонов
<code>rngcanonical</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции, преобразующей значение диапазона в каноническую форму, либо 0 в случае её отсутствия
<code>rngsubdiff</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции, возвращающей разницу между значениями двух элементов в значении <code>double precision</code> , либо 0 в случае её отсутствия

Значение `rngsubopc` (в сочетании с `rngcollation`, если тип элемента сортируемый) определяет порядок сортировки для типа диапазона. Значение `rngcanonical` используется, когда тип элемента дискретный. Значение `rngsubdiff` может отсутствовать, но его рекомендуется задавать для увеличения производительности индексов GiST с диапазонным типом.

52.43. `pg_replication_origin`

В каталоге `pg_replication_origin` содержатся все созданные источники репликации. Подробно источники репликации описаны в Главе 50.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_replication_origin` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_replication_origin` в кластере, а не отдельные в каждой базе.

Таблица 52.43. Столбцы pg_replication_origin

Имя	Тип	Ссылки	Описание
roident	Oid		Уникальный в рамках кластера идентификатор для источника репликации. Не должен покидать пределы системы.
roname	text		Определяемое пользователем внешнее имя источника репликации.

52.44. pg_rewrite

В каталоге pg_rewrite хранятся правила перезаписи для таблиц и представлений.

Таблица 52.44. Столбцы pg_rewrite

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
rulename	name		Имя правила
ev_class	oid	pg_class .oid	Таблица, к которой относится это правило
ev_type	char		Тип события, для которого предназначено это правило: 1 = SELECT, 2 = UPDATE, 3 = INSERT, 4 = DELETE
ev_enabled	char		Устанавливает, в каких режимах session_replication_role срабатывает правило: o = правило срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), D = правило отключено, R = правило срабатывает в режиме «replica» (реплика), A = правило срабатывает всегда.
is_instead	bool		True, если это правило INSTEAD
ev_qual	pg_node_tree		Дерево выражения (в форме представления nodeToString()) для условия применения правила
ev_action	pg_node_tree		Дерево запроса (в форме представления nodeToString()) для действия правила

Примечание

Если для таблицы есть какие-либо правила в этом каталоге, значением `pg_class.relhasrules` для неё должно быть `true`.

52.45. pg_seclabel

В каталоге `pg_seclabel` хранятся метки безопасности для объектов баз данных. Управлять метками безопасности можно с помощью команды `SECURITY LABEL`. Более простой способ просмотра меток безопасности описан в Разделе 52.83.

Также обратите внимание на каталог `pg_shseclabel`, который выполняет ту же функцию для меток безопасности глобальных объектов в кластере баз данных.

Таблица 52.45. Столбцы `pg_seclabel`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>objoid</code>	<code>oid</code>	любой столбец OID	OID объекта, к которому относится эта метка безопасности
<code>classoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class.oid</code>	OID системного каталога, к которому относится этот объект
<code>objsubid</code>	<code>int4</code>		Для метки безопасности, связанной со столбцом таблицы, это номер столбца (<code>objoid</code> и <code>classoid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
<code>provider</code>	<code>text</code>		Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.
<code>label</code>	<code>text</code>		Метка безопасности, применённая к этому объекту.

52.46. pg_sequence

В каталоге `pg_sequence` содержится информация о последовательностях. Некоторая информация о последовательностях, в частности имя и схема, хранится в `pg_class`.

Таблица 52.46. Столбцы `pg_sequence`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>seqrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class.oid</code>	OID записи в <code>pg_class</code> для этой последовательности
<code>seqtypid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type.oid</code>	Тип данных последовательности
<code>seqstart</code>	<code>int8</code>		Начальное значение последовательности

Имя	Тип	Ссылки	Описание
seqincrement	int8		Шаг увеличения последовательности
seqmax	int8		Максимальное значение последовательности
seqmin	int8		Минимальное значение последовательности
seqcache	int8		Размер кеша последовательности
seqcycle	bool		Зацикливается ли последовательность

52.47. pg_shdepend

В каталоге `pg_shdepend` записываются отношения зависимости между объектами баз данных и разделяемыми объектами, такими как роли. Эта информация позволяет PostgreSQL удостовериться, что эти объекты не используются, прежде чем удалять их.

Также смотрите каталог `pg_depend`, который играет подобную роль в отношении зависимостей объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_shdepend` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_shdepend` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.47. Столбцы `pg_shdepend`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
dbid	oid	<code>pg_database .oid</code>	OID базы данных, в которой находится зависимый объект, или ноль, если это глобальный объект
classid	oid	<code>pg_class .oid</code>	OID системного каталога, в котором находится зависимый объект
objid	oid	любой столбец OID	OID определённого зависимого объекта
objsubid	int4		Для столбца таблицы это номер столбца (<code>objid</code> и <code>classid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
refclassid	oid	<code>pg_class .oid</code>	OID системного каталога, к которому относится вышестоящий объект (это должен быть разделяемый каталог)
refobjid	oid	любой столбец OID	OID определённого вышестоящего объекта

Имя	Тип	Ссылки	Описание
deptype	char		Код, определяющий конкретную семантику данного отношения зависимости; см. текст

Во всех случаях, запись в `pg_shdepend` показывает, что вышестоящий объект нельзя удалить, не удаляя подчинённый объект. Однако есть несколько подвидов зависимости, задаваемых в поле `deptype`:

`SHARED_DEPENDENCY_OWNER` (o)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) является владельцем зависимого объекта.

`SHARED_DEPENDENCY_ACL` (a)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) упоминается в ACL (списке управления доступом, то есть списке прав) подчинённого объекта. (Запись `SHARED_DEPENDENCY_ACL` не создаётся для владельца объекта, так как для владельца всё равно имеется запись `SHARED_DEPENDENCY_OWNER`.)

`SHARED_DEPENDENCY_POLICY` (r)

Вышестоящий объект (это должна быть роль) упомянут в качестве целевого в объекте зависимой политики.

`SHARED_DEPENDENCY_PIN` (p)

Зависимый объект отсутствует; этот тип записи показывает, что система сама зависит от вышестоящего объекта, так что этот объект нельзя удалять ни при каких условиях. Записи этого типа создаются только командой `initdb`. Поля зависимого объекта в такой записи содержат нули.

В будущем могут появиться и другие подвиды зависимости. Заметьте в частности, что с текущим определением вышестоящими объектами могут быть только роли.

52.48. `pg_shdescription`

В каталоге `pg_shdescription` хранятся дополнительные описания (комментарии) для глобальных объектов баз данных. Описания можно задавать с помощью команды `COMMENT` и просматривать в `psql`, используя команды `\d`.

Также смотрите каталог `pg_description`, который играет подобную роль в отношении описаний объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_shdescription` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_shdescription` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.48. Столбцы `pg_shdescription`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
objoid	oid	любой столбец OID	OID объекта, к которому относится это описание
classoid	oid	<code>pg_class.oid</code>	OID системного каталога, к которому относится этот объект
description	text		Произвольный текст, служащий описанием данного объекта

52.49. pg_shseclabel

В каталоге `pg_shseclabel` хранятся метки безопасности для глобальных объектов баз данных. Управлять метками безопасности можно с помощью команды `SECURITY LABEL`. Более простой способ просмотра меток безопасности описан в Разделе 52.83.

Также смотрите каталог `pg_seclabel`, который играет подобную роль в отношении меток безопасности объектов в одной базе данных.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_shseclabel` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_shseclabel` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Таблица 52.49. Столбцы `pg_shseclabel`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>objoid</code>	<code>oid</code>	любой столбец <code>OID</code>	<code>OID</code> объекта, к которому относится эта метка безопасности
<code>classoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	<code>OID</code> системного каталога, к которому относится этот объект
<code>provider</code>	<code>text</code>		Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.
<code>label</code>	<code>text</code>		Метка безопасности, применённая к этому объекту.

52.50. pg_statistic

В каталоге `pg_statistic` хранится статистическая информация о содержимом базы данных. Записи в нём создаются командой `ANALYZE`, а затем используются планировщиком запросов. Заметьте, что все эти данные по природе своей неточные, даже если предполагается, что они актуальны.

Обычно для каждого столбца, подлежащего анализу, в этом каталоге есть одна запись со значением `stainherit = false`. Если у таблицы имеются потомки в иерархии наследования, также создаётся вторая запись с `stainherit = true`. Эта строка представляет статистику по столбцу в дереве наследования, то есть статистику по данным, которые возвратит запрос `SELECT столбец FROM таблица*`, тогда как строка с `stainherit = false` представляет результаты запроса `SELECT столбец FROM ONLY таблица`.

В `pg_statistic` также хранится статистическая информация о значениях выражений индексов. Она описывается так же, как если бы это были столбцы данных; в частности, `starelid` ссылается на индекс. Однако для столбцов, задействуемых в индексе без выражений, дополнительная запись не добавляется, так как она повторяла бы запись для нижележащего столбца таблицы. В настоящее время во всех записях для выражений индексов `stainherit = false`.

Так как для различных типов данных могут быть уместны различные типы статистики, в каталоге `pg_statistic` не делается конкретных предположений о том, какая статистика в нём хранится. Отдельные столбцы в `pg_statistic` выделены только для самых общих свойств (например, доля `NULL`). Всё остальное хранится в «слотах», представляющих собой группы связанных столбцов, содержимое которых определяется кодовым числом в одном из столбцов слотов. За подробностями обратитесь к `src/include/catalog/pg_statistic.h`.

Каталог `pg_statistic` не должен быть доступен на чтение всем, так как даже статистическая информация о содержимом таблицы может считаться конфиденциальной. (Например, довольно ин-

интересны могут быть минимальные и максимальные значения в столбце зарплаты.) Поэтому существует `pg_stats` — доступное всем для чтения представление на базе `pg_statistic`, в котором выдаётся информация только по тем таблицам, которые может читать текущий пользователь.

Таблица 52.50. Столбцы `pg_statistic`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>starelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Таблица (или индекс), к которой принадлежит описываемый столбец
<code>staattnum</code>	<code>int2</code>	<code>pg_attribute .attnum</code>	Номер описываемого столбца
<code>stainherit</code>	<code>bool</code>		Если <code>true</code> , в статистике учитываются значения в дочерних столбцах, а не только в указанном отношении
<code>stanullfrac</code>	<code>float4</code>		Доля записей, в которых этот столбец содержит <code>NULL</code>
<code>stawidth</code>	<code>int4</code>		Средний размер хранения элементов не- <code>NULL</code> , в байтах
<code>stadistinct</code>	<code>float4</code>		Число различных и отличных от <code>NULL</code> значений в столбце. Число, большее нуля, представляет фактическое количество различных значений. Если это число меньше нуля, его модуль представляет множитель для общего количества строк в таблице; например, для столбца, в котором примерно 80% значений не <code>NULL</code> , и каждое отличное от <code>NULL</code> значение в среднем повторяется дважды, может быть представлено значение <code>stadistinct = -0.4</code> . Ноль означает, что количество различных значений неизвестно.
<code>stakindN</code>	<code>int2</code>		Кодовое число, определяющее род статистики, хранящейся в <i>N</i> -ном «слоте» строки <code>pg_statistic row</code> .
<code>staopN</code>	<code>oid</code>	<code>pg_operator .oid</code>	Оператор, с которым была получена статистика, хранящаяся в <i>N</i> -ном «слоте». Напри-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			мер, для слота гистограммы это будет оператор <code><</code> , определяющий порядок сортировки данных.
stanumbers N	float4[]		Численная статистика соответствующего рода для N -ного «слота», либо NULL, если с этим родом слота не связаны числовые значения
stavalues N	anyarray		Значения столбцов соответствующего рода для N -го «слота», либо NULL, если для этого рода слота не хранятся никакие значения. Все значения элементов массива фактически имеют тип данных столбца или связанный тип, например, тип элемента массива, так что определить типы эти столбцов более конкретно, чем <code>anyarray</code> , нельзя.

52.51. pg_statistic_ext

Каталог `pg_statistic_ext` содержит расширенную статистику планировщика. Каждая строка в этом каталоге соответствует *объекту статистики*, созданному командой `CREATE STATISTICS`.

Таблица 52.51. Столбцы `pg_statistic_ext`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
stxrelid	oid	<code>pg_class.oid</code>	Таблица, содержащая столбцы, описываемые этим объектом
stxname	name		Имя объекта статистики
stxnamespace	oid	<code>pg_namespace.oid</code>	OID пространства имён, содержащего этот объект статистики
stxowner	oid	<code>pg_authid.oid</code>	Владелец объекта статистики
stxkeys	int2vector	<code>pg_attribute.attnum</code>	Массив номеров атрибутов, показывающий, какие столбцы таблицы покрываются данным объектом статистики; например, значение <code>1 3</code> показывает, что статистика покрывает

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			вает первый и третий столбцы таблицы
stxkind	char[]		Массив, содержащий коды для включённых видов статистики; допустимые значения: d для статистики по количеству различных значений, f для статистики по функциональным зависимостям
stxndistinct	pg_ndistinct		Количество различных значений, сериализованное в типе pg_ndistinct
stxdependencies	pg_dependencies		Статистика по функциональным зависимостям, сериализованная в типе pg_dependencies

Поле `stxkind` заполняется при создании объекта статистики и показывает, для какого типа(ов) статистики он создан. Поля после него изначально содержат NULL и заполняются только когда соответствующая статистика вычисляется командой `ANALYZE`.

52.52. pg_subscription

В каталоге `pg_subscription` содержатся все существующие подписки логической репликации. Подробнее логическая репликация описана в Главе 31.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_subscription` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_subscription` в кластере, а не отдельные в каждой базе данных.

Обычные пользователи не имеют доступа к столбцу `subconninfo`, так как он может содержать пароль в открытом виде.

Таблица 52.52. Столбцы `pg_subscription`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
subdbid	oid	<code>pg_database.oid</code>	OID базы данных, в которой располагается эта подписка
subname	name		Имя подписки
subowner	oid	<code>pg_authid.oid</code>	Владелец подписки
subenabled	bool		Если true, подписка включена и должна реплицироваться.
subsynccommit	text		Содержит значение параметра <code>synchronous_</code>

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			<code>commit</code> для рабочих процессов подписки.
<code>subconninfo</code>	<code>text</code>		Строка подключения к вышестоящей базе данных
<code>subslotname</code>	<code>name</code>		Имя слота репликации в вышестоящей базе данных. Также применяется в качестве локального имени источника репликации.
<code>subpublications</code>	<code>text[]</code>		Массив имён публикаций, на которые оформлена подписка. Подписки с этими именами должны быть опубликованы на сервере. Подробнее публикации описаны в Разделе 31.1.

52.53. `pg_subscription_rel`

Каталог `pg_subscription_rel` содержит состояние каждого реплицируемого отношения в каждой подписке (это связь вида многие-ко-многим).

Этот каталог содержит только таблицы, известные в подписке после выполнения `CREATE SUBSCRIPTION` или `ALTER SUBSCRIPTION ... REFRESH PUBLICATION`.

Таблица 52.53. Столбцы `pg_subscription_rel`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>srsubid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_subscription .oid</code>	Ссылка на подписку
<code>srrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Ссылка на отношение
<code>srsubstate</code>	<code>char</code>		Код состояния: <code>i</code> = инициализация, <code>d</code> = копирование данных, <code>s</code> = синхронизация выполнена, <code>r</code> = готовность (обычная репликация)
<code>srsublsn</code>	<code>pg_lsn</code>		Конечный LSN для состояний <code>s</code> и <code>r</code> .

52.54. `pg_tablespace`

В каталоге `pg_tablespace` хранится информация о доступных табличных пространствах. Таблицы могут быть распределены по разным табличным пространствам для эффективного использования дискового хранилища.

В отличие от большинства системных каталогов, `pg_tablespace` разделяется всеми базами данных кластера: есть только один экземпляр `pg_tablespace` в кластере, а не отдельные для каждой базы данных.

Таблица 52.54. Столбцы pg_tablespace

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
spcname	name		Имя табличного пространства
spcowner	oid	pg_authid .oid	Владелец табличного пространства, обычно пользователь, создавший его
spcacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE
spcoptions	text[]		Параметры уровня табличного пространства, в виде строк «ключ=значение»

52.55. pg_transform

В каталоге pg_transform хранятся сведения о трансформациях, которые представляют собой механизм адаптирования типов данных для процедурных языков. За дополнительной информацией обратитесь к CREATE TRANSFORM.

Таблица 52.55. Столбцы pg_transform

Имя	Тип	Ссылки	Описание
trftype	oid	pg_type .oid	OID типа данных, для которого предназначена трансформация
trflang	oid	pg_language .oid	OID языка, для которого предназначена трансформация
trffromsql	regproc	pg_proc .oid	OID функции, вызываемой для преобразования типа данных, подаваемого на вход процедурному языку (например, в параметрах функции). Ноль, если эта операция не поддерживается.
trftosql	regproc	pg_proc .oid	OID функции, вызываемой для преобразования значения, выдаваемого процедурным языком, (например, возвращаемых значений) к типу данных. Ноль, если эта операция не поддерживается.

52.56. pg_trigger

В каталоге `pg_trigger` хранятся триггеры для таблиц и представлений. За дополнительными сведениями обратитесь к описанию `CREATE TRIGGER`.

Таблица 52.56. Столбцы `pg_trigger`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>tgrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Таблица, к которой относится этот триггер
<code>tgname</code>	<code>name</code>		Имя триггера (должно быть уникальным среди триггеров одной таблицы)
<code>tgfoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Вызываемая функция
<code>tgtype</code>	<code>int2</code>		Битовая маска, задающая условия срабатывания триггера
<code>tgenabled</code>	<code>char</code>		Устанавливает, в каких режимах <code>session_replication_role</code> срабатывает триггер: <code>O</code> = триггер срабатывает в режимах «origin» (источник) и «local» (локально), <code>D</code> = триггер отключён, <code>R</code> = триггер срабатывает в режиме «replica» (реплика), <code>A</code> = триггер срабатывает всегда.
<code>tgisinternal</code>	<code>bool</code>		True, если триггер создан внутри системы (обычно, для реализации ограничения, заданного в <code>tgconstraint</code>)
<code>tgconstrrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Таблица, задействованная в ограничении ссылочной целостности
<code>tgconstrindid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	Индекс, поддерживающий ограничение уникальности, первичного ключа или ссылочной целостности, либо ограничение-исключение
<code>tgconstraint</code>	<code>oid</code>	<code>pg_constraint .oid</code>	Запись в <code>pg_constraint</code> , связанная этим триггером, если такая имеется

Имя	Тип	Ссылки	Описание
tgdeferrable	bool		True, если триггер ограничения является откладываемым
tginitdeferred	bool		True, если триггер ограничения изначально отложенный
tgargs	int2		Число аргументов, передаваемых функции триггера
tgattr	int2vector	pg_attribute .attnum	Номера столбцов, если триггер привязан к столбцам; в противном случае пустой массив
tgargs	bytea		Аргументы строкового типа, передаваемые триггеру, с NULL в конце каждого
tgqual	pg_node_tree		Дерево выражения (в представлении nodeToString()) для условия триггера WHEN, либо NULL, если оно отсутствует
tgoldtable	name		Предложение REFERENCING для OLD TABLE или NULL в случае его отсутствия
tgnewtable	name		Предложение REFERENCING для NEW TABLE или NULL в случае его отсутствия

В настоящее время триггеры, привязанные к столбцам, поддерживаются только для событий UPDATE, так что tgattr применимо только к событиям такого типа. Поле tgtype может содержать биты и для других типов событий, но они распространяются только на таблицы, вне зависимости от значения tgattr.

Примечание

Когда tgconstraint содержит не ноль, то есть ссылается на запись в pg_constraint, поля tgconstrrelid, tgconstrindid, tgdeferrable и tginitdeferred по большому счёту избыточны, они повторяют значения в этой записи. Однако, возможно связать неоткладываемый триггер с откладываемым ограничением: с ограничениями внешнего ключа могут быть связаны и откладываемые, и неоткладываемые триггеры.

Примечание

Если для отношения есть какие-либо триггеры в этом каталоге, значением pg_class.relhastriggers для неё должно быть true.

52.57. pg_ts_config

Каталог `pg_ts_config` содержит записи, представляющие конфигурации текстового поиска. Конфигурация задаёт определённый анализатор текстового поиска и список словарей, которые будут использоваться для каждого из фрагментов, выдаваемых анализатором. Анализатор задаётся в записи в `pg_ts_config`, а сопоставления фрагментов со словарями определяются в подчинённых записях в `pg_ts_config_map`.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 52.57. Столбцы `pg_ts_config`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>cfgname</code>	<code>name</code>		Имя конфигурации текстового поиска
<code>cfgnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего эту конфигурацию
<code>cfgowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец конфигурации
<code>cfgparser</code>	<code>oid</code>	<code>pg_ts_parser .oid</code>	OID анализатора текстового поиска для этой конфигурации

52.58. `pg_ts_config_map`

В каталоге `pg_ts_config_map` содержатся записи, показывающие, к каким словарям текстового поиска и в каком порядке следует обращаться для каждого типа фрагмента, выдаваемого каждым анализатором текстового поиска.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 52.58. Столбцы `pg_ts_config_map`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>mapcfg</code>	<code>oid</code>	<code>pg_ts_config .oid</code>	OID записи в <code>pg_ts_config</code> , к которой относится эта запись сопоставления
<code>maptokentype</code>	<code>integer</code>		Тип фрагмента, выдаваемый анализатором текстового поиска
<code>mapseqno</code>	<code>integer</code>		Порядок, в котором нужно просматривать эту запись (меньшие <code>mapseqno</code> просматриваются сначала)
<code>mapdict</code>	<code>oid</code>	<code>pg_ts_dict .oid</code>	OID словаря текстового поиска, к которому нужно обратиться

52.59. `pg_ts_dict`

В каталоге `pg_ts_dict` содержатся записи, определяющие словари текстового поиска. Словарь зависит от шаблона текстового поиска, в котором задаются все требуемые функции реализации; сам словарь предоставляет значения для настраиваемых параметров, поддерживаемых шаблонов.

Такое разделение позволяет создавать словари непривилегированным пользователям. Параметры задаются текстовой строкой `dictinitoption`, их формат и значение зависят от шаблона.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 52.59. Столбцы `pg_ts_dict`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>dictname</code>	<code>name</code>		Имя словаря текстового поиска
<code>dictnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего этот словарь
<code>dictowner</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	Владелец словаря
<code>dicttemplate</code>	<code>oid</code>	<code>pg_ts_template .oid</code>	OID шаблона текстового поиска для этого словаря
<code>dictinitoption</code>	<code>text</code>		Строка с параметрами инициализации для шаблона

52.60. `pg_ts_parser`

В каталоге `pg_ts_parser` содержатся записи, определяющие анализаторы текстового поиска. Анализатор отвечает за разделение входного текста на лексемы и назначение типа фрагмента каждой лексеме. Так как анализатор должен быть реализован в функции на языке уровня C, создавать новые анализаторы разрешено только суперпользователям баз данных.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 52.60. Столбцы `pg_ts_parser`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>oid</code>	<code>oid</code>		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
<code>prsname</code>	<code>name</code>		Имя анализатора текстового поиска
<code>prsnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён, содержащего этот анализатор
<code>prsstart</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции запуска анализатора
<code>prstoken</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции анализатора, выдающей следующий фрагмент
<code>prsend</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции анализатора, оканчивающей разбор
<code>prsheadline</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	OID функции анализатора, выдающей выдержки

Имя	Тип	Ссылки	Описание
prslextype	regproc	pg_proc .oid	OID функции анализатора лексических типов

52.61. pg_ts_template

В каталоге `pg_ts_template` содержатся записи, определяющие шаблоны текстового поиска. Шаблон представляет собой заготовку для класса словарей текстового поиска. Так как шаблон должен быть реализован в функциях на уровне языка C, создавать новые шаблоны разрешено только суперпользователям базы.

Возможности текстового поиска PostgreSQL углублённо рассматриваются в Главе 12.

Таблица 52.61. Столбцы `pg_ts_template`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
tmplname	name		Имя шаблона текстового поиска
tmplnamespace	oid	pg_namespace .oid	OID пространства имён, содержащего этот шаблон
tmplinit	regproc	pg_proc .oid	OID функции инициализации шаблона
tmpllexize	regproc	pg_proc .oid	OID функции выделения лексем

52.62. pg_type

В каталоге `pg_type` хранится информация о типах данных. Базовые типы и типы-перечисления (скалярные типы) создаются командой `CREATE TYPE`, а домены — командой `CREATE DOMAIN`. При добавлении любой таблицы в базу данных автоматически создаётся составной тип, представляющий структуру строки таблицы. Также возможно создавать составные типы с помощью команды `CREATE TYPE AS`.

Таблица 52.62. Столбцы `pg_type`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
typname	name		Имя типа данных
typnamespace	oid	pg_namespace .oid	OID пространства имён, содержащего этот тип
typowner	oid	pg_authid .oid	Владелец типа
typlen	int2		Для типа фиксированного размера в <code>typlen</code> задаётся число байт во внутреннем представлении типа. Но для типов переменной длины, <code>typlen</code> будет

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			отрицательным. Значение -1 обозначает тип «varlena» (он содержит машинное слово, определяющее длину), а -2 обозначает строку в стиле C, оканчивающуюся нулём.
typbyval	bool		Поле typbyval определяет, будут ли внутренние процедуры передавать переменные этого типа по значению или по ссылке. Полю typbyval лучше присвоить false, если длина typplen не равна 1, 2 или 4 (либо 8, на 64-битных машинах). Типы переменной длины всегда передаются по ссылке. Заметьте, что typbyval может быть false, даже если размер типа позволяет передачу по значению.
typtype	char		Поле typtype принимает значение b для базового типа (base), c для составного (composite), то есть типа строки таблицы, d для домена (domain), e для перечисления (enum), p для псевдотипа (pseudo-type) или r для диапазона (range). См. также typrelid и typbasetype.
typcategory	char		В поле typcategory задаётся произвольная классификация типов данных, на основе которой анализатор запросов может определить, какие неявные приведения будут «предпочитаемыми». См. Таблицу 52.63.
typispreferred	bool		True, если этот тип является предпочитаемым целевым типом в своей категории (typcategory)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>typisdefined</code>	<code>bool</code>		True, если тип определён, и false, если это тип-заготовка для ещё не определённого типа. Когда значение <code>typisdefined</code> — false, можно полагаться только на заданное имя, пространство имён и OID типа.
<code>typdelim</code>	<code>char</code>		Символ, разделяющий два значения этого типа при разборе вводимого массива. Заметьте, что этот разделитель связывается с типом данных элемента массива, а не с типом самого массива.
<code>typrelid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class.oid</code>	Если это составной тип (см. <code>typtype</code>), этот столбец указывает на запись <code>pg_class</code> , определяющую соответствующую таблицу. (Для независимого составного типа запись в <code>pg_class</code> на самом деле не представляет таблицу, но она всё равно нужна для связывания с записями <code>pg_attribute</code> этого типа.) Для не составных типов содержит ноль.
<code>typelem</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type.oid</code>	Если значение <code>typelem</code> не 0, оно указывает на другую строку в <code>pg_type</code> . В этом случае к текущему типу можно обращаться по индексу, как к массиву, и получать значения типа <code>typelem</code> . «Настоящий» тип массива имеет переменную длину (<code>typlen = -1</code>), но для некоторых типов фиксированной длины (<code>typlen > 0</code>) также определяется <code>typelem</code> , например, для <code>name</code> и <code>point</code> . Если для типа фиксированной дли-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ны определён <code>typelem</code> , его внутренним представлением будет некоторое количество значений типа <code>typelem</code> , без других данных. Типы массивов переменной длины также содержат заголовок, определяемый подпрограммами массива.
<code>typarray</code>	<code>oid</code>	<code>pg_type .oid</code>	Если поле <code>typarray</code> не равно 0, оно указывает на другую запись в <code>pg_type</code> , описывающую «настоящий» тип массива, в которой этот тип будет элементом
<code>typinput</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция преобразования ввода (из текстового формата)
<code>typoutput</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция преобразования вывода (в текстовый формат)
<code>typreceive</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция преобразования ввода (из двоичного формата), либо 0, если её нет
<code>typsend</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция преобразования вывода (в двоичный формат), либо 0, если её нет
<code>typmodin</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция ввода модификатора типа, либо 0, если тип не поддерживает модификаторы
<code>typmodout</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Функция вывода модификатора типа, либо 0 для использования стандартного формата
<code>typanalyze</code>	<code>regproc</code>	<code>pg_proc .oid</code>	Нестандартная функция <code>ANALYZE</code> , либо 0 для использования стандартной функции
<code>typalign</code>	<code>char</code>		Переменная <code>typalign</code> определяет выравнивание, требуемое при хранении значения этого типа. Эта величина применяется при хранении на диске, а также для большинства представлений значе-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ний внутри PostgreSQL. Когда последовательно хранятся несколько значений, как например в представлении полной строки на диске, дополнительные байты добавляются перед значением этого типа, чтобы оно начиналось с указанной границы. Заданное выравнивание определяет смещение первого элемента последовательности. Возможные значения: • c = выравнивание по символам (char), то есть выравнивание не требуется. • s = выравнивание по коротким словам (short), 2 байта для большинства машин. • i = выравнивание по целым (int), 4 байта для большинства машин. • d = выравнивание по двойным словам (double), 8 байт для большинства машин, но не для всех. Примечание Для типов, используемых в системных таблицах, важно, чтобы размер и выравнивание, определённые в pg_type, согласовывались с тем, как компилятор рас-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			полагает этот столбец в структуре, представляющей строку таблицы.
typstorage	char		Значение <code>typstorage</code> для типов <code>varlena</code> (типов с <code>typlen = -1</code>) говорит, готов ли тип для помещения в <code>TOAST</code>, и какова стратегия по умолчанию для атрибутов этого типа. Возможные значения: • <code>p</code>: Значение всегда должно храниться простым образом (<code>plain</code>). • <code>e</code>: Значение может храниться во «вторичном» отношении (если оно есть, см. <code>pg_class.reltoastrelid</code>). • <code>m</code>: Значение может храниться сжатым внутри строки. • <code>x</code>: Значение может храниться сжатым внутри строки или во «вторичном» хранилище. Заметьте, что столбцы <code>m</code> тоже могут быть перемещены во вторичное хранилище, но только в качестве последней меры (столбцы <code>e</code> и <code>x</code> перемещаются в первую очередь).
typnotnull	bool		Поле <code>typnotnull</code> представляет ограничение «не <code>NULL</code>» для типа. Применяется только для доменов.
typbasetype	oid	<code>pg_type.oid</code>	Если это домен (см. <code>typtype</code>), то <code>typbasetype</code> указывает на тип, на котором он

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			основан. Ноль, если это не домен.
typtypmod	int4		Домены используют <code>typtypmod</code> для записи модификатора (<code>typmod</code>), применяемого к их базовому типу (-1, если базовый тип не использует <code>typmod</code>). Если тип не является доменом, принимает значение -1.
typndims	int4		Значение <code>typndims</code> задаёт число размерностей массива для домена, определённого поверх массива (то есть, когда <code>typbasetype</code> — тип массива). Для типов, отличных от доменов поверх типов массивов, принимает значение 0.
typcollation	oid	<code>pg_collation .oid</code>	Значение <code>typcollation</code> задаёт правило сортировки для типа. Если тип не поддерживает сортировки, оно должно быть нулевым. У базового типа, поддерживающего сортировки, в этом поле будет <code>DEFAULT_COLLATION_OID</code> . Домен на базе сортируемого типа может иметь другой OID правила сортировки, если оно было изменено для домена.
typdefaultbin	<code>pg_node_tree</code>		Если поле <code>typdefaultbin</code> не NULL, в нём содержится представление выражения по умолчанию для этого типа (совместимое с <code>nodeToString()</code>). Это поле используется только для доменов.
typdefault	text		Поле <code>typdefault</code> содержит NULL, если с типом не связано значение по умолчанию. Если <code>typdefaultbin</code>

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			не NULL, typdefault должно содержать понятную человеку версию выражения значения по умолчанию, записанного в typdefaultbin. Если typdefaultbin содержит NULL, а typdefault нет, то в typdefault находится внешнее представление значения по умолчанию, которое можно передать функции преобразования ввода и получить константу.
typacl	aclitem[]		Права доступа; за подробностями обратитесь к описанию GRANT и REVOKE

В Таблице 52.63 перечисляются определённые в системе значения `typcategory`. Если этот список будет дополняться в будущем, в него будут добавляться тоже буквы ASCII в верхнем регистре. Все другие символы ASCII зарезервированы для категорий, определяемых пользователями.

Таблица 52.63. Коды `typcategory`

Код	Категория
A	Типы массивов
B	Логические типы
C	Составные типы
D	Типы даты/времени
E	Типы-перечисления
G	Геометрические типы
I	Типы, описывающие сетевые адреса
N	Числовые типы
P	Псевдотипы
R	Диапазонные типы
S	Строковые типы
T	Интервальные типы
U	Пользовательские типы
V	Типы битовых строк
X	Неизвестный тип (unknown)

52.63. `pg_user_mapping`

В каталоге `pg_user_mapping` хранятся сопоставления локальных пользователей с удалёнными. Обычные пользователи не имеют доступа к этому каталогу, они должны использовать представление `pg_user_mappings`.

Таблица 52.64. Столбцы pg_user_mapping

Имя	Тип	Ссылки	Описание
oid	oid		Идентификатор строки (скрытый атрибут; должен выбираться явно)
umuser	oid	pg_authid .oid	OID сопоставляемой локальной роли, либо 0, если сопоставление задётся для всех
umserver	oid	pg_foreign_server .oid	OID стороннего сервера, содержащего это сопоставление
umoptions	text []		Специальные параметры сопоставления пользователей, в виде строк «ключ=значение»

52.64. Системные представления

В дополнение к системным каталогам, в PostgreSQL есть набор встроенных представлений. Некоторые системные представления содержат в себе некоторые популярные запросы к системным каталогам, а другие дают доступ к внутреннему состоянию сервера.

Информационная схема (см. Главу 37) содержит другой набор представлений, пересекающихся по функциональности с системными представлениям. Так как информационная схема соответствует стандарту SQL, тогда как описанные здесь представления свойственны только для PostgreSQL, обычно лучше использовать информационную схему, если через неё можно получить всю требуемую информацию.

В Таблице 52.65 кратко перечислены описываемые здесь системные представления. Более подробное описание каждого представления следует далее. Есть также дополнительные представления, дающие доступ к результатам работы сборщика статистики; они перечисляются в Таблице 28.2.

Кроме явно отмеченных исключений, все описанные здесь представления доступны только для чтения.

Таблица 52.65. Системные представления

Имя представления	Предназначение
pg_available_extensions	доступные расширения
pg_available_extension_versions	доступные версии расширений
pg_config	параметры конфигурации времени компиляции
pg_cursors	открытые курсоры
pg_file_settings	сводка содержимого файла конфигурации
pg_group	группы пользователей баз данных
pg_hba_file_rules	сводка содержимого файла конфигурации аутентификации клиентов
pg_indexes	индексы
pg_locks	блокировки, установленные или ожидаемые в данный момент
pg_matviews	материализованные представления
pg_policies	policies
pg_prepared_statements	подготовленные операторы

Имя представления	Предназначение
pg_prepared_xacts	подготовленные транзакции
pg_publication_tables	публикации и связанные с ними таблицы
pg_replication_origin_status	информация об источниках репликации, включая данные прогресса репликации
pg_replication_slots	информация о слотах репликации
pg_roles	роли баз данных
pg_rules	правила
pg_seclabels	метки безопасности
pg_sequences	последовательности
pg_settings	значения параметров
pg_shadow	пользователи базы данных
pg_stats	статистика планировщика
pg_tables	таблицы
pg_timezone_abbrevs	аббревиатуры часовых поясов
pg_timezone_names	имена часовых поясов
pg_user	пользователи базы данных
pg_user_mappings	сопоставления пользователей
pg_views	представления

52.65. pg_available_extensions

В представлении `pg_available_extensions` перечисляются расширения, доступные для установки. Также обратите внимание на каталог `pg_extension`, в котором перечисляются уже установленные расширения.

Таблица 52.66. Столбцы `pg_available_extensions`

Имя	Тип	Описание
name	name	Имя расширения
default_version	text	Имя версии по умолчанию, либо NULL, если это имя не определено
installed_version	text	Текущая установленная версия расширения, либо NULL, если расширение не установлено
comment	text	Строка комментария из управляющего файла расширения

Представление `pg_available_extensions` доступно только для чтения.

52.66. pg_available_extension_versions

В представлении `pg_available_extension_versions` перечислены определённые версии расширений, доступные для установки. Также обратите внимание на каталог `pg_extension`, в котором перечисляются уже установленные расширения.

Таблица 52.67. Столбцы `pg_available_extension_versions`

Имя	Тип	Описание
name	name	Имя расширения

Имя	Тип	Описание
version	text	Имя версии
installed	bool	True, если эта версия расширения уже установлена
superuser	bool	True, если устанавливать это расширение разрешено только суперпользователям
relocatable	bool	True, если расширение можно переместить в другую схему
schema	name	Имя схемы, в которую должно быть установлено расширение, либо NULL, если оно частично или полностью переместимо
requires	name[]	Имена расширений, требующихся для данного, либо NULL, если таких нет
comment	text	Строка комментария из управляющего файла расширения

Представление `pg_available_extension_versions` доступно только для чтения.

52.67. pg_config

В представлении `pg_config` описываются конфигурационные параметры времени компиляции для текущей установленной версии PostgreSQL. Оно предназначено, например, для программных средств, которым может потребоваться узнать у PostgreSQL расположение требуемых заголовочных файлов и библиотек. Оно выдаёт ту же базовую информацию, что и клиентская утилита PostgreSQL `pg_config`.

По умолчанию представление `pg_config` доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 52.68. Столбцы `pg_config`

Имя	Тип	Описание
name	text	Имя параметра
setting	text	Значение параметра

52.68. pg_cursors

В представлении `pg_cursors` перечисляются курсоры, доступные в данный момент. Курсоры могут быть созданы несколькими способами:

- через оператор `DECLARE` в SQL
- через сообщение `Bind` в клиент-серверном протоколе, как описано в Подразделе 53.2.3
- через интерфейс программирования сервера (SPI, Server Programming Interface), как описано в Разделе 47.1

В представлении `pg_cursors` показываются курсоры, полученные любым способом. Курсор существует только на протяжении транзакции, в которой он определён, если только он не был объявлен с указанием `WITH HOLD`. Поэтому не удерживаемые курсоры показываются в этом представлении только пока не завершится создавшая их транзакция.

Примечание

Курсоры используются внутри системы для реализации некоторых компонентов PostgreSQL, таких как процедурные языки. Таким образом, в представлении `pg_cursors` могут быть курсоры, которые пользователи не создавали явно.

Таблица 52.69. Столбцы `pg_cursors`

Имя	Тип	Описание
<code>name</code>	<code>text</code>	Имя курсора
<code>statement</code>	<code>text</code>	Дословная строка запроса, создавшего данный курсор
<code>is_holdable</code>	<code>boolean</code>	<code>True</code> , если курсор удерживаемый (то есть, к нему можно обращаться после того, как будет зафиксирована транзакция, в которой он объявлен); в противном случае — <code>false</code>
<code>is_binary</code>	<code>boolean</code>	<code>True</code> , если курсор был объявлен с указанием <code>BINARY</code> ; в противном случае — <code>false</code>
<code>is_scrollable</code>	<code>boolean</code>	<code>True</code> , если курсор прокручиваемый (то есть, позволяет получать строки непоследовательным образом); в противном случае — <code>false</code>
<code>creation_time</code>	<code>timestampz</code>	Время, в которое был объявлен курсор

Представление `pg_cursors` доступно только для чтения.

52.69. `pg_file_settings`

В представлении `pg_file_settings` показывается сводное содержимое файлов конфигурации сервера. Для каждой имеющейся в этих файлах записи «имя = значение» это представление содержит строку с отметкой, показывающей, может ли это значение быть успешно применено. Также это представление может содержать дополнительные строки, говорящие о проблемах, не связанных с записями «имя = значение», например, синтаксических ошибках в этих файлах.

Это представление полезно для проверки, будут ли работать планируемые изменения в файлах конфигурации, или для диагностики возникшей ранее проблемы. Заметьте, что в этом представлении отражается *текущее* содержимое файлов, а не то, что было применено сервером в последний раз. (Чтобы получить то состояние, обычно достаточно обратиться к представлению `pg_settings`.)

По умолчанию представление `pg_file_settings` доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 52.70. Столбцы `pg_file_settings`

Имя	Тип	Описание
<code>sourcefile</code>	<code>text</code>	Полный путь и имя файла конфигурации
<code>sourceline</code>	<code>integer</code>	Номер строки в файле конфигурации, из которой получена эта запись

Имя	Тип	Описание
seqno	integer	Порядок, в котором обрабатываются записи (1.. <i>n</i>)
name	text	Имя параметра конфигурации
setting	text	Значение, присваиваемое параметру
applied	boolean	True, если значение может быть применено успешно
error	text	Сообщение об ошибке, говорящее, почему эта запись не может быть применена, либо NULL

Если файл конфигурации содержит синтаксические ошибки или недопустимые имена параметров, сервер не будет пытаться применять никакие параметры из него, так что все поля `applied` будут равны `False`. В этом случае представление будет содержать одну или несколько строк, в которых поле `error` описывает проблему. Иначе отдельные записи этого файла будут применяться по возможности. Если заданное в некоторой записи присвоение выполнить нельзя (например, из-за неверного значения или если параметр нельзя изменять после запуска сервера), в поле `error` для неё будет записано соответствующее сообщение. Поле `applied` также может содержать `False`, если данная запись переопределяется последующей записью с тем же именем параметра; это не считается ошибкой, так что поле `error` будет пустым.

Чтобы узнать больше о различных способах изменения параметров времени выполнения, обратитесь к Разделу 19.1.

52.70. `pg_group`

Представление `pg_group` существует для обратной совместимости: оно эмулирует каталог, существовавший в PostgreSQL до версии 8.1. В нём показываются имена и члены всех ролей без признака `rolcanlogin`, что приблизительно соответствует списку ролей, которые использовались как группы.

Таблица 52.71. Столбцы `pg_group`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
groname	name	<code>pg_authid .rolname</code>	Имя группы
grosysid	oid	<code>pg_authid .oid</code>	ID этой группы
grolist	oid[]	<code>pg_authid .oid</code>	Массив, содержащий идентификаторы ролей в этой группе

52.71. `pg_hba_file_rules`

В представлении `pg_hba_file_rules` показывается сводное содержимое файла конфигурации аутентификации клиентов, `pg_hba.conf`. Для каждой непустой и незакомментированной строки в этом файле данное представление содержит одну строку, с отметкой, показывающей, может ли это правило быть успешно применено.

Это представление может быть полезно для проверки, будут ли работать планируемые изменения в файле конфигурации аутентификации, или для диагностики возникшей проблемы. Заметьте, что в этом представлении отражается *текущее* содержимое файла, а не то, что было загружено сервером в последний раз.

По умолчанию представление `pg_hba_file_rules` доступно только суперпользователям и только для чтения.

Таблица 52.72. Столбцы pg_hba_file_rules

Имя	Тип	Описание
line_number	integer	Номер строки этого правила в pg_hba.conf
type	text	Тип подключения
database	text[]	Список имён баз данных, к которым применяется это правило
user_name	text[]	Список имён пользователей и групп, к которым применяется это правило
address	text	Имя или IP-адрес узла либо одно из значений: all, samehost или samenet, либо NULL для локальных подключений
netmask	text	Маска IP-адреса либо NULL, если это неприменимо
auth_method	text	Метод аутентификации
options	text[]	Параметры, задаваемые для метода аутентификации (если они есть)
error	text	Сообщение об ошибке, говорящее, почему эта строка не может быть обработана, либо NULL

Обычно строка, отражающая некорректную запись, будет содержать значения только в полях line_number и error.

Чтобы узнать больше о конфигурации аутентификации клиентов, обратитесь к Главе 20.

52.72. pg_indexes

Представление pg_indexes даёт доступ к полезной информации обо всех индексах в базе данных.

Таблица 52.73. Столбцы pg_indexes

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	pg_namespace .nspname	Имя схемы, содержащей таблицу и индекс
tablename	name	pg_class .relname	Имя таблицы, для которой создан индекс
indexname	name	pg_class .relname	Имя индекса
tablespace	name	pg_tablespace .spcname	Имя табличного пространства, содержащего индекс (NULL, если это пространство по умолчанию)
indexdef	text		Определение индекса (реконструированная команда CREATE INDEX)

52.73. pg_locks

Представление `pg_locks` даёт доступ к информации о блокировках, удерживаемых активными процессами на сервере баз данных. Подробнее блокировки рассматриваются в Главе 13.

Представление `pg_locks` содержит одну строку для каждого активного блокируемого объекта, запрошенного режима блокировки и блокирующего процесса. Таким образом, один и тот же блокируемый объект может фигурировать в этом представлении неоднократно, если его блокируют или ожидают блокировки несколько процессов. Однако объекты, свободные от блокировок, в этом представлении отсутствуют вовсе.

Существует несколько различных типов блокируемых объектов: отношения целиком (например, таблицы), отдельные страницы отношений, отдельные кортежи отношений, идентификаторы транзакций (виртуальные и постоянные) и произвольные объекты баз данных (идентифицируемые по OID класса и OID объекта, так же как в `pg_description` или `pg_depend`). Кроме того, в виде отдельного блокируемого объекта представлено право расширения отношения. Также могут быть установлены «рекомендательные» блокировки, не имеющие предопределённого значения.

Таблица 52.74. Столбцы `pg_locks`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>locktype</code>	<code>text</code>		Тип блокируемого объекта: <code>relation</code> (отношение), <code>extend</code> (расширение отношения), <code>page</code> (страница), <code>tuple</code> (кортеж), <code>transactionid</code> (идентификатор транзакции), <code>virtualxid</code> (виртуальный идентификатор), <code>object</code> (объект), <code>userlock</code> (пользовательская блокировка) или <code>advisory</code> (рекомендательная)
<code>database</code>	<code>oid</code>	<code>pg_database .oid</code>	OID базы данных, к которой относится цель блокировки, ноль, если это разделяемый объект, либо NULL, если целью является идентификатор транзакции
<code>relation</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	OID отношения, являющегося целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не отношение или часть отношения
<code>page</code>	<code>integer</code>		Номер страницы в отношении, являющейся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не страница или кортеж отношения
<code>tuple</code>	<code>smallint</code>		Номер кортежа на странице, являющегося целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не кортеж

Имя	Тип	Ссылки	Описание
virtualxid	text		Виртуальный идентификатор транзакции, являющийся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — другой объект
transactionid	xid		Идентификатор транзакции, являющийся целью блокировки, либо NULL, если цель блокировки — другой объект
classid	oid	pg_class .oid	OID системного каталога, содержащего цель блокировки, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных
objid	oid	любой столбец OID	OID цели блокировки в соответствующем системном каталоге, либо NULL, если цель блокировки — не обычный объект базы данных
objsubid	smallint		Номер столбца, являющегося целью блокировки (на саму таблицу указывают classid и objid), ноль, если это некоторый другой обычный объект базы данных, либо NULL, если цель не обычный объект
virtualtransaction	text		Виртуальный идентификатор транзакции, удерживающей или ожидающей блокировку
pid	integer		Идентификатор серверного процесса (PID, Process ID), удерживающего или ожидающего эту блокировку, либо NULL, если блокировка удерживается подготовленной транзакцией
mode	text		Название режима блокировки, которая удерживается или запрашивается этим процессом (см. Подраздел 13.3.1 и Подраздел 13.2.3)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
granted	boolean		True, если блокировка получена, и false, если она ожидается
fastpath	boolean		True, если блокировка получена по короткому пути, и false, если она получена через основную таблицу блокировок

Признак `granted` устанавливается в строке, представляющей блокировку, удерживаемую указанным процессом. Если он сброшен, этот процесс ждёт блокировки, из чего следует что как минимум один другой процесс удерживает или ожидает блокировку того же объекта в конфликтующем режиме. Ожидающий процесс будет приостановлен до освобождения другой блокировки (или выявления ситуации взаимоблокировки). Один процесс в один момент времени может ожидать получения максимум одной блокировки.

На протяжении транзакции серверный процесс удерживает исключительную блокировку виртуального идентификатора транзакции. Если транзакции назначается постоянный идентификатор (что обычно происходит, только если транзакция изменяет состояние базы данных), он также удерживает до её завершения блокировку этого постоянного идентификатора. Когда процесс находит необходимым ожидать именно какую-то другую транзакцию, он делает это, запрашивая разделяемую блокировку для идентификатора этой транзакции (виртуального или постоянного, в зависимости от ситуации). Этот запрос будет выполнен, только когда другая транзакция завершится и освободит свои блокировки.

Хотя кортежи тоже представляют собой блокируемый объект, информация о блокировках строк хранится на диске, а не в памяти, поэтому такие блокировки обычно не показываются в этом представлении. Если процесс ожидает блокировки на уровне строки, он обычно виден в нём как ожидающий постоянного идентификатора транзакции текущего владельца этой блокировки.

Рекомендательные блокировки могут быть получены по ключам, состоящим из одного значения `bigint` или из двух значений `integer`. Старшая половина `bigint` выводится в столбце `classid`, а младшая половина в столбце `objid`, и `objsubid` равен 1. Исходное значение `bigint` может быть восстановлено выражением `(classid::bigint << 32) | objid::bigint`. Для ключей `integer` первая часть ключа находится в `classid`, а вторая часть в `objid`, и `objsubid` равна 2. Конкретное предназначение этих ключей определяет пользователь. Рекомендательные блокировки существуют в рамках базы данных, поэтому столбец `database` имеет значение для таких блокировок.

Представление `pg_locks` даёт общую информацию по всем блокировкам в кластере баз данных, а не только по тем, что относятся к текущей базе. Хотя соединив `relation` с `pg_class.oid`, можно получить заблокированные отношения, это будет работать корректно только для отношений в текущей базе данных (для тех, в блокировках которых столбец `database` содержит OID текущей базы данных или ноль).

Соединив столбец `pid` со столбцом `pid` представления `pg_stat_activity`, можно получить дополнительную информацию о сеансах, удерживающих или ожидающих каждую блокировку, например так:

```
SELECT * FROM pg_locks pl LEFT JOIN pg_stat_activity psa
    ON pl.pid = psa.pid;
```

Также, если вы используете подготовленные транзакции, столбец `virtualtransaction` можно соединить со столбцом `transaction` представления `pg_prepared_xacts` для получения дополнительной информации о подготовленных транзакциях, удерживающих блокировки. (Подготовленная транзакция не может ожидать блокировок, но она может продолжать удерживать блокировки, полученные ей в процессе выполнения.) Например:

```
SELECT * FROM pg_locks pl LEFT JOIN pg_prepared_xacts ppx
```

```
ON pl.virtualtransaction = '-1/' || ppx.transaction;
```

Хотя в принципе возможно получить информацию о процессах, которые блокируют другие процессы, соединив представление `pg_locks` с ним же, очень трудно сделать это правильно во всех деталях. В частности потому, что такой запрос должен будет знать, какие режимы блокировки конфликтуют с другими. Мало того, представление `pg_locks` не показывает, какие процессы стоят перед какими в очередях ожидания блокировок, а также какие процессы являются параллельными рабочими процессами и к каким клиентским сеансам они относятся. Чтобы узнать, каким процессом или процессами блокируется ожидающий процесс, лучше использовать функцию `pg_blocking_pids()` (см. Таблицу 9.60).

В представлении `pg_locks` показываются данные и из менеджера обычных блокировок, и из менеджера предикатных блокировок, которые являются отдельными механизмами; кроме того, менеджер обычных блокировок подразделяет свои блокировки на обычные и полученные *быстрым путём*. Абсолютная согласованность всех этих данных не гарантируется. При обращении к этому представлению данные блокировок по быстрому пути (с `fastpath = true`) собираются по очереди с каждого серверного процесса, без замораживания состояния всего менеджера блокировок, так что существует возможность, что в процессе сбора этой информации блокировки будут освобождены или получены. Заметьте, однако, что эти блокировки не должны конфликтовать с любыми другими актуальными блокировками. После того как от всех процессов получены блокировки по быстрому пути, менеджер обычных блокировок замораживается целиком и информация обо всех оставшихся блокировках собирается в атомарной операции. После размораживания этого менеджера, также замораживается менеджер предикатных блокировок, и информация об этих блокировках собирается атомарно. Таким образом, за исключением блокировок по быстрому пути, каждый менеджер блокировок выдаёт согласованный набор результатов, но так как мы не блокируем оба этих менеджера одновременно, блокировки могут быть получены или освобождены после того, как опрашивается менеджер обычных блокировок, и до того, как опрашивается менеджер предикатных блокировок.

Блокировка менеджера обычных или предикатных блокировок может отразиться на производительности базы данных, если обращаться к этому представлению часто. Эта блокировка удерживается не дольше, чем необходимо для получения данных от менеджеров, но это не исключает возможность снижения производительности.

52.74. `pg_matviews`

Представление `pg_matviews` даёт доступ к полезной информации обо всех материализованных представлениях в базе данных.

Таблица 52.75. Столбцы `pg_matviews`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>schemaname</code>	<code>name</code>	<code>pg_namespace .nspname</code>	Имя схемы, содержащей материализованное представление
<code>matviewname</code>	<code>name</code>	<code>pg_class .relname</code>	Имя материализованного представления
<code>matviewowner</code>	<code>name</code>	<code>pg_authid .rolname</code>	Имя владельца материализованного представления
<code>tablespace</code>	<code>name</code>	<code>pg_tablespace .spcname</code>	Имя табличного пространства, содержащего материализованное представление (NULL, если это пространство по умолчанию)
<code>hasindexes</code>	<code>boolean</code>		True, если материализованное представле-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ние имеет (или недавно имело) индексы
ispopulated	boolean		True, если материализованное представление в данный момент заполнено
definition	text		Определение материализованного представления (реконструированный запрос SELECT)

52.75. pg_policies

Представление `pg_policies` даёт доступ к полезной информации обо всех политиках защиты на уровне строк в базе данных.

Таблица 52.76. Столбцы `pg_policies`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	<code>pg_namespace .nspname</code>	Имя схемы, содержащей таблицу с этой политикой
tablename	name	<code>pg_class .relname</code>	Имя таблицы с этой политикой
polycyname	name	<code>pg_policy .polname</code>	Имя политики
polpermissive	text		Является ли политика разрешительной или ограничительной?
roles	name []		Роли, к которым применяется политика
cmd	text		Тип команды, к которому применяется политика
qual	text		Выражение, добавляемое к условиям барьера безопасности в запросы, к которым применяется политика
with_check	text		Выражение, добавляемое к условиям WITH CHECK в запросы, которые пытаются добавлять строки в таблицу

52.76. pg_prepared_statements

В представлении `pg_prepared_statements` отображаются все подготовленные операторы, существующие в текущем сеансе. За дополнительными сведениями о подготовленных операторах обратитесь к PREPARE.

Представление `pg_prepared_statements` содержит отдельную строку для каждого подготовленного оператора. Строки добавляются в него, когда создаётся новый подготовленный оператор, и удаляются, когда подготовленный оператор освобождается (например, командой DEALLOCATE).

Таблица 52.77. Столбцы `pg_prepared_statements`

Имя	Тип	Описание
<code>name</code>	<code>text</code>	Идентификатор подготовленного оператора
<code>statement</code>	<code>text</code>	Строка запроса, переданного клиентом и создавшего этот подготовленный оператор. Для подготовленных операторов, создаваемых через SQL, это оператор <code>PREPARE</code> , переданный клиентом. Для подготовленных операторов, созданных через клиент-серверный протокол, этот текст представляет сам подготовленный оператор.
<code>prepare_time</code>	<code>timestampz</code>	Время, в которое был создан подготовленный оператор
<code>parameter_types</code>	<code>regtype[]</code>	Ожидаемые типы параметров для подготовленного оператора в форме массива <code>regtype</code> . OID, соответствующий элементу этого массива, может быть получен в результате приведения значения <code>regtype</code> к <code>oid</code> .
<code>from_sql</code>	<code>boolean</code>	Значение <code>true</code> , если подготовленный оператор был создан SQL-командой <code>PREPARE</code> ; <code>false</code> , если оператор был подготовлен через клиент-серверный протокол

Представление `pg_prepared_statements` доступно только для чтения.

52.77. `pg_prepared_xacts`

Представление `pg_prepared_xacts` содержит информацию о транзакциях, которые в настоящее время подготовлены для двухфазной фиксации (за подробностями обратитесь к `PREPARE TRANSACTION`).

Представление `pg_prepared_xacts` содержит отдельную запись для каждой подготовленной транзакции. Эта запись удаляется, когда транзакция фиксируется или откатывается.

Таблица 52.78. Столбцы `pg_prepared_xacts`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>transaction</code>	<code>xid</code>		Числовой идентификатор подготовленной транзакции
<code>gid</code>	<code>text</code>		Глобальный идентификатор транзакции, назначаемый транзакции
<code>prepared</code>	<code>timestamp with time zone</code>		Время, в которое транзакция была подготовлена для фиксации

Имя	Тип	Ссылки	Описание
owner	name	pg_authid .rolname	Имя пользователя, выполнявшего транзакцию
database	name	pg_database .datname	Имя базы данных, в которой выполнялась транзакция

Когда запрашивается представление `pg_prepared_xacts`, внутренние структуры данных менеджера транзакций на мгновение блокируются и создаётся их копия для вывода через это представление. Это гарантирует, что представление выдаёт согласованный набор результатов, при этом не задерживая обычные операции на более продолжительное время, чем необходимо. Тем не менее, это может отрицательно сказаться на производительности базы данных при частых обращениях к представлению.

52.78. pg_publication_tables

Представление `pg_publication_tables` содержит информацию о сопоставлениях публикаций с таблицами, которые в них содержатся. В отличие от нижележащего каталога `pg_publication_rel`, в это представление добавляются публикации, определённые как `FOR ALL TABLES`, так что с такими публикациями будет присутствовать строка для каждой соответствующей таблицы.

Таблица 52.79. Столбцы `pg_publication_tables`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
pubname	name	pg_publication .pubname	Имя публикации
schemaname	name	pg_namespace .nspname	Имя схемы, содержащей таблицу
tablename	name	pg_class .relname	Имя таблицы

52.79. pg_replication_origin_status

Представление `pg_replication_origin_status` содержит информацию о позиции воспроизведения записей репликации, достигнутой для определённого источника. Подробно источники репликации описаны в Главе 50.

Таблица 52.80. Столбцы `pg_replication_origin_status`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
local_id	Oid	pg_replication_origin .roident	внутренний идентификатор узла
external_id	text	pg_replication_origin .roname	внешний идентификатор узла
remote_lsn	pg_lsn		LSN исходного узла, до которого были реплицированы данные.
local_lsn	pg_lsn		LSN данного узла, с которым был реплицирован <code>remote_lsn</code> . Применяется при асинхронной фиксации для сброса на диск записей

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			фиксации до сохранения данных.

52.80. pg_replication_slots

Представление `pg_replication_slots` содержит список всех слотов репликации, существующих в данный момент в кластере баз данных, а также их текущее состояние.

За дополнительной информацией о слотах репликации обратитесь к Подразделу 26.2.6 и Главе 49.

Таблица 52.81. Столбцы `pg_replication_slots`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>slot_name</code>	<code>name</code>		Уникальный в рамках кластера идентификатор для слота репликации
<code>plugin</code>	<code>name</code>		Базовое имя разделяемого объекта, содержащего модуль вывода, который используется этим логическим слотом, либо NULL для физических слотов.
<code>slot_type</code>	<code>text</code>		Тип слота — <code>physical</code> (физический) или <code>logical</code> (логический)
<code>datoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_database .oid</code>	OID базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты.
<code>database</code>	<code>text</code>	<code>pg_database .datname</code>	Имя базы данных, с которой связан этот слот, либо NULL. С базой данных могут быть связаны только логические слоты.
<code>temporary</code>	<code>boolean</code>		True, если это временный слот репликации. Временные слоты не сохраняются на диск и автоматически удаляются при ошибке или завершении сеанса.
<code>active</code>	<code>boolean</code>		True, если слот активно используется в данный момент
<code>active_pid</code>	<code>integer</code>		ID процесса сеанса, занимающего этот слот, если данный слот активно используется в

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			данный момент. NULL, если он не используется.
xmin	xid		Старейшая транзакция, которая должна сохраняться в базе данных для этого слота. VACUUM не сможет удалять кортежи, удалённые более поздними транзакциями.
catalog_xmin	xid		Старейшая транзакция, затрагивающая системные каталоги, которая должна сохраняться в базе данных для этого слота. VACUUM не сможет удалять кортежи, удалённые более поздними транзакциями.
restart_lsn	pg_lsn		Адрес (LSN) старейшей записи в WAL, которая по-прежнему может быть нужна пользователям этого слота и, таким образом, не будет автоматически удаляться при контрольных точках. Принимает значение NULL, если LSN данного слота ещё не резервировался.
confirmed_flush_lsn	pg_lsn		Адрес (LSN), до которого потребитель логического слота подтвердил получение данных. Данные старше этого LSN уже недоступны. Для физических слотов — NULL.

52.81. pg_roles

Представление `pg_roles` открывает доступ к информации о ролях в базах данных. Это просто доступное для всех отображение каталога `pg_authid`, в котором очищено поле пароля.

В этом представлении выводится OID из нижележащей таблицы, так как это необходимо для соединений с другими каталогами.

Таблица 52.82. Столбцы `pg_roles`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
rolname	name		Имя роли

Имя	Тип	Ссылки	Описание
rolsuper	bool		Роли имеет права суперпользователя
rolinherit	bool		Роль автоматически наследует права ролей, в которые она включена
rolcreatorole	bool		Роль может создавать другие роли
rolcreatedb	bool		Роль может создавать базы данных
rolcanlogin	bool		Роль может подключаться к серверу. То есть эта роль может быть указана в качестве начального идентификатора авторизации сеанса
rolreplication	bool		Роль является ролью репликации. Такие роли могут устанавливать соединения для репликации и создавать/удалять слоты репликации.
rolconnlimit	int4		Для ролей, которые могут подключаться к серверу, это значение задаёт максимально разрешённое для этой роли число одновременных подключений. При значении -1 ограничения нет.
rolpassword	text		Не пароль (всегда выводится как *****)
rolvaliduntil	timestampz		Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю); NULL, если срок действия не ограничен
rolbypassrls	bool		Роль не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
rolconfig	text[]		Заданные для роли значения по умолчанию переменных времени конфигурации
oid	oid	pg_authid .oid	Идентификатор роли

52.82. pg_rules

Представление `pg_rules` открывает доступ к полезной информации о правилах перезаписи запросов.

Таблица 52.83. Столбцы `pg_rules`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>schemaname</code>	<code>name</code>	<code>pg_namespace .nspname</code>	Имя схемы, содержащей таблицу
<code>tablename</code>	<code>name</code>	<code>pg_class .relname</code>	Имя таблицы, с которой связано это правило
<code>rulename</code>	<code>name</code>	<code>pg_rewrite .rulename</code>	Имя правила
<code>definition</code>	<code>text</code>		Определение правила (реконструированная команда создания)

Из представления `pg_rules` исключены правила `ON SELECT` для представлений и материализованных представлений; их можно увидеть в `pg_views` и `pg_matviews`.

52.83. `pg_seclabels`

Представление `pg_seclabels` содержит информацию о метках безопасности. Это более простая в использовании версия каталога `pg_seclabel`.

Таблица 52.84. Столбцы `pg_seclabels`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>objoid</code>	<code>oid</code>	любой столбец OID	OID объекта, к которому относится эта метка безопасности
<code>classoid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class .oid</code>	OID системного каталога, к которому относится этот объект
<code>objsubid</code>	<code>int4</code>		Для метки безопасности, связанной со столбцом таблицы, это номер столбца (<code>objoid</code> и <code>classoid</code> указывают на саму таблицу). Для всех других типов объектов это поле содержит ноль.
<code>objtype</code>	<code>text</code>		Тип объекта, к которому применяется эта метка, в текстовом виде.
<code>objnamespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_namespace .oid</code>	OID пространства имён объекта, если применимо; иначе NULL.
<code>objname</code>	<code>text</code>		Имя объекта, к которому применяется эта метка, в текстовом виде.
<code>provider</code>	<code>text</code>	<code>pg_seclabel .provider</code>	Поставщик меток безопасности, связанный с этой меткой.

Имя	Тип	Ссылки	Описание
label	text	pg_seclabel .label	Метка безопасности, применённая к этому объекту.

52.84. pg_sequences

Представление pg_sequences даёт доступ к полезной информации обо всех последовательностях в базе данных.

Таблица 52.85. Столбцы pg_sequences

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	pg_namespace .nspname	Имя схемы, содержащей последовательность
sequencename	name	pg_class .relname	Имя последовательности
sequenceowner	name	pg_authid .rolname	Имя владельца последовательности
data_type	regtype	pg_type .oid	Тип данных последовательности
start_value	bigint		Начальное значение последовательности
min_value	bigint		Минимальное значение последовательности
max_value	bigint		Максимальное значение последовательности
increment_by	bigint		Шаг увеличения последовательности
cycle	boolean		Зацикливается ли последовательность
cache_size	bigint		Размер кеша последовательности
last_value	bigint		Последнее значение последовательности, записанное на диск. Если используется кеширование, это значение может быть больше последнего значения, полученного из последовательности. Если к этой последовательности ещё не обращались, содержит NULL. Также содержит NULL, если текущий пользователь не имеет права USAGE или SELECT.

52.85. pg_settings

Представление `pg_settings` открывает доступ к параметрам времени выполнения сервера. По сути оно представляет собой альтернативный интерфейс для команд `SHOW` и `SET`. Оно также позволяет получить некоторые свойства каждого параметра, которые нельзя получить непосредственно, используя команду `SHOW`, например, минимальные и максимальные значения.

Таблица 52.86. Столбцы `pg_settings`

Имя	Тип	Описание
<code>name</code>	<code>text</code>	Имя параметра конфигурации времени выполнения
<code>setting</code>	<code>text</code>	Текущее значение параметра
<code>unit</code>	<code>text</code>	Неявно подразумеваемая единица измерения параметра
<code>category</code>	<code>text</code>	Логическая группа параметра
<code>short_desc</code>	<code>text</code>	Краткое описание параметра
<code>extra_desc</code>	<code>text</code>	Дополнительное, более подробное, описание параметра
<code>context</code>	<code>text</code>	Контекст, в котором может задаваться значение параметра (см. ниже)
<code>vartype</code>	<code>text</code>	Тип параметра (<code>bool</code> , <code>enum</code> , <code>integer</code> , <code>real</code> или <code>string</code>)
<code>source</code>	<code>text</code>	Источник текущего значения параметра
<code>min_val</code>	<code>text</code>	Минимальное допустимое значение параметра (NULL для нечисловых значений)
<code>max_val</code>	<code>text</code>	Максимально допустимое значение параметра (NULL для нечисловых значений)
<code>enumvals</code>	<code>text[]</code>	Допустимые значения параметра-перечисления (NULL для значений не перечислений)
<code>boot_val</code>	<code>text</code>	Значение параметра, устанавливаемое при запуске сервера, если параметр не устанавливается другим образом
<code>reset_val</code>	<code>text</code>	Значение, к которому будет сбрасывать параметр команда <code>RESET</code> в текущем сеансе
<code>sourcefile</code>	<code>text</code>	Файл конфигурации, в котором было задано текущее значение (NULL для значений, полученных не из файлов конфигурации, или при чтении этого поля не суперпользователем и не членом роли <code>pg_read_all_settings</code>); полезно при использовании указаний <code>include</code> в файлах конфигурации
<code>sourceline</code>	<code>integer</code>	Номер строки в файле конфигурации, в которой было за-

Имя	Тип	Описание
		дано текущее значение (NULL для значений, полученных не из файлов конфигурации, или при чтении этого поля не суперпользователем и не членом роли <code>pg_read_all_settings</code>).
<code>pending_restart</code>	<code>boolean</code>	<code>true</code> , если значение изменено в файле конфигурации, но требуется перезапуск; в противном случае — <code>false</code> .

Поле `context` может содержать одно из следующих значений (они перечислены в порядке уменьшения сложности изменения параметров):

`internal`

Эти параметры нельзя изменить непосредственно; они отражают значения, определяемые внутри системы. Некоторые из них можно изменить, пересобрав сервер с другими параметрами конфигурации, либо передав другие аргументы команде `initdb`.

`postmaster`

Эти параметры могут быть применены только при запуске сервера, так что любое изменение требует перезапуска сервера. Значения этих параметров обычно задаются в `postgresql.conf`, либо передаются в командной строке при запуске сервера. Разумеется, параметры более низкого уровня `context` также можно задать в момент запуска сервера.

`sighup`

Внесённые в `postgresql.conf` изменения этих параметров можно применить, не перезапуская сервер. Если передать управляющему процессу сигнал `SIGHUP`, он перечитает `postgresql.conf` и применит изменения. Управляющий процесс также перешлёт сигнал `SIGHUP` всем своим дочерним процессам, чтобы они тоже приняли новое значение.

`superuser-backend`

Внесённые в `postgresql.conf` изменения этих параметров можно применить без перезапуска сервера; их также можно задать для определённого сеанса в пакете запроса соединения (например, через переменную окружения `PGOPTIONS`, учитываемую библиотекой `libpq`), но сделать это может только суперпользователь. Однако эти параметры никогда не меняются в сеансе, когда он уже начат. Если вы измените их в `postgresql.conf`, отправьте сигнал `SIGHUP` управляющему процессу, чтобы он перечитал `postgresql.conf`. Новые значения подействуют только на сеансы, запускаемые после этого.

`backend`

Внесённые в `postgresql.conf` изменения этих параметров можно применить без перезапуска сервера; их также можно задать для определённого сеанса в пакете запроса соединения (например, через переменную окружения `PGOPTIONS`, учитываемую библиотекой `libpq`); это может сделать любой пользователь в своём сеансе. Однако эти параметры никогда не меняются в сеансе, когда он уже начат. Если вы измените их в `postgresql.conf`, отправьте сигнал `SIGHUP` управляющему процессу, чтобы он перечитал `postgresql.conf`. Новые значения подействуют только на сеансы, запускаемые после этого.

`superuser`

Эти параметры можно изменить в `postgresql.conf`, либо в рамках сеанса, командой `SET`; но только суперпользователи могут менять их, используя `SET`. Изменения в `postgresql.conf` будут отражены в существующих сеансах, только если в них командой `SET` не были заданы локальные значения.

user

Эти параметры можно задать в `postgresql.conf`, либо в рамках сеанса, командой `SET`. В рамках сеанса изменять их разрешено всем пользователям. Изменения в `postgresql.conf` будут отражены в существующих сеансах, только если в них командой `SET` не были заданы локальные значения.

Чтобы узнать больше о различных способах изменения этих параметров, обратитесь к Разделу 19.1.

Представление `pg_settings` не допускает добавление и удаление строк, но допускает изменение. Команда `UPDATE`, применённая к строке `pg_settings`, равнозначна выполнению команды `SET` для этого параметра. Изменение повлияет только на значение в текущем сеансе. Если `UPDATE` выполняется в транзакции, которая затем прерывается, эффект `UPDATE` пропадает, когда транзакция откатывается. После фиксирования окружающей транзакции этот эффект сохраняется до завершения сеанса, если он не будет переопределён другой командой `UPDATE` или `SET`.

52.86. pg_shadow

Представление `pg_shadow` существует для обратной совместимости: оно эмулирует каталог, существовавший в PostgreSQL до версии 8.1. В нём показываются свойства всех ролей с признаком `rolcanlogin` в `pg_authid`.

Такое имя («тень») объясняется тем фактом, что эта таблица не должна быть доступна на чтение всем, так как она содержит пароли. Представление `pg_user` является доступным всем отображением `pg_shadow`, в котором очищено поле пароля.

Таблица 52.87. Столбцы `pg_shadow`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
username	name	<code>pg_authid .rolname</code>	Имя пользователя
usesysid	oid	<code>pg_authid .oid</code>	ID этого пользователя
usecreatedb	bool		Пользователь может создавать базы данных
usesuper	bool		Пользователь является суперпользователем
userepl	bool		Пользователь может инициировать потоковую репликацию, включать и отключать режим резервного копирования.
usebypassrls	bool		Пользователь не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
passwd	text		Пароль (возможно зашифрованный); NULL, если он не задан. Подробнее хранение зашифрованных паролей описано в <code>pg_authid</code> .
valuntil	abstime		Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю)

Имя	Тип	Ссылки	Описание
useconfig	text[]		Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

52.87. pg_stats

Представление `pg_stats` открывает доступ к информации, хранящейся в каталоге `pg_statistic`. Это представление даёт доступ только к тем строкам каталога `pg_statistic`, что соответствуют таблицам, которые пользователь может читать, таким образом это представление можно безопасно разрешить читать всем.

Кроме того, представление `pg_stats` сконструировано так, чтобы представлять информацию в более понятном формате, чем нижележащий каталог — ценой того, что его схему приходится расширять всякий раз, когда для `pg_statistic` определяются новые типы слотов.

Таблица 52.88. Столбцы `pg_stats`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	<code>pg_namespace .nspname</code>	Имя схемы, содержащей таблицу
tablename	name	<code>pg_class .relname</code>	Имя таблицы
attname	name	<code>pg_attribute .attname</code>	Имя столбца, описываемого этой строкой
inherited	bool		Если true, в данных этой строки учитываются значения в дочерних столбцах, а не только в указанной таблице
null_frac	real		Доля записей, в которых этот столбец содержит NULL
avg_width	integer		Средний размер элементов в столбце, в байтах
n_distinct	real		Число, большее нуля, представляет примерное количество различных значений в столбце. Если это число меньше нуля, его модуль представляет количество различных значений, делённое на количество строк. (Отрицательная форма применяется, когда <code>ANALYZE</code> полагает, что число различных значений, скорее всего, будет расти по мере роста таблицы; положительная, когда в столбце, вероятно, будет фиксиро-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ванное количество возможных значений.) Например, -1 указывает на столбец с уникальным содержимым, в котором количество различных значений совпадает с количеством строк.
most_common_vals	anyarray		Список самых частых значений в столбце. (NULL, если не находятся значения, появляющиеся чаще других.)
most_common_freqs	real[]		Список частот самых частых значений, то есть число их вхождений, делённое на общее количество строк. (NULL, вместе с most_common_vals .)
histogram_bounds	anyarray		Список значений, разделяющих значения столбца на примерно одинаковые популяции. Значения most_common_vals , если они присутствуют, не рассматриваются при вычислении этой гистограммы. (Этот столбец содержит NULL, если для типа данных столбца не определён оператор <, либо если в most_common_vals перечисляется вся популяция.)
correlation	real		Статистическая корреляция между физическим порядком строк и логическим порядком значений столбца. Допустимые значения лежат в диапазоне -1 .. +1. Когда значение около -1 или +1, сканирование индекса по столбцу будет считаться дешевле, чем когда это значение около нуля, как результат уменьшения случайного доступа к диску. (Этот столбец содержит NULL, если для

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			типа данных столбца не определён оператор <.)
most_common_elems	anyarray		Список элементов, отличных от NULL, наиболее часто присутствующих в значениях столбца. (NULL для скалярных типов.)
most_common_elem_freqs	real[]		Список частот самых частых элементов, то есть доля строк, содержащих минимум один экземпляр данного значения. За частотами по элементам следуют два или три дополнительных значения: минимум и максимум предшествующих частот по элементам и дополнительно частота элементов NULL. (Принимает значение NULL вместе с most_common_elems .)
elem_count_histogram	real[]		Гистограмма количеств различных и отличных от NULL элементов в значениях этого столбца, за которой следует среднее количество элементов, отличных от NULL. (Принимает значение NULL для скалярных типов.)

Максимальным числом записей в полях-массивах можно управлять на уровне столбцов, используя команду `ALTER TABLE SET STATISTICS`, или глобально, задав параметр времени выполнения `default_statistics_target`.

52.88. pg_tables

Представление `pg_tables` даёт доступ к полезной информации обо всех таблицах в базе данных.

Таблица 52.89. Столбцы pg_tables

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	<code>pg_namespace .nspname</code>	Имя схемы, содержащей таблицу
tablename	name	<code>pg_class .relname</code>	Имя таблицы
tableowner	name	<code>pg_authid .rolname</code>	Имя владельца таблицы
tablespace	name	<code>pg_tablespace .spcname</code>	Имя табличного пространства, содержащего таблицу (NULL, ес-

Имя	Тип	Ссылки	Описание
			ли это пространство по умолчанию)
hasindexes	boolean	pg_class .relhasindex	True, если эта таблица имеет (или недавно имела) индексы
hasrules	boolean	pg_class .relhasrules	True, если для таблицы определены (или были определены) правила
hastriggers	boolean	pg_class .relhastriggers	True, если для таблицы определены (или были определены) триггеры
rowsecurity	boolean	pg_class .relrowsecurity	True, если для таблицы включена защита строк

52.89. pg_timezone_abbrevs

Представление `pg_timezone_abbrevs` содержит список аббревиатур часовых поясов, которые в настоящее время распознаются процедурами ввода даты/времени. Содержимое этого представления меняется при изменении параметра времени выполнения `timezone_abbreviations`.

Таблица 52.90. Столбцы `pg_timezone_abbrevs`

Имя	Тип	Описание
abbrev	text	Сокращение часового пояса
utc_offset	interval	Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича)
is_dst	boolean	True, если эта аббревиатура задаёт летнее время

Большинство аббревиатур часовых поясов представляют фиксированные смещения от UTC, но в некоторых поясах смещение менялось в ходе истории (за подробностями обратитесь к Разделу В.3). В таких случаях данное представление отображает текущее значение.

52.90. pg_timezone_names

В представлении `pg_timezone_names` содержится список имён часовых поясов, распознаваемых командой `SET TIMEZONE`, вместе с соответствующими аббревиатурами, смещением UTC и статусом летнего времени. (Говоря технически строго, в PostgreSQL используется не UTC, так как не учитываются секунды координации.) В отличие от аббревиатур, представленных в `pg_timezone_abbrevs`, многие из этих имён подразумевают некоторый набор правил перехода на летнее время. Поэтому сопутствующая информация меняется при пересечении границ перехода на летнее время. Отображаемая информация вычисляется, исходя из текущего значения `CURRENT_TIMESTAMP`.

Таблица 52.91. Столбцы `pg_timezone_names`

Имя	Тип	Описание
name	text	Название часового пояса
abbrev	text	Сокращение часового пояса
utc_offset	interval	Смещение от UTC (положительное — к востоку от Гринвича)
is_dst	boolean	True, если текущие данные отражают летнее время

52.91. pg_user

Представление `pg_user` открывает доступ к информации о пользователях базы данных. Это просто доступное для всех отображение представления `pg_shadow`, в котором очищено поле пароля.

Таблица 52.92. Столбцы `pg_user`

Имя	Тип	Описание
<code>username</code>	<code>name</code>	Имя пользователя
<code>usesysid</code>	<code>oid</code>	ID этого пользователя
<code>usecreatedb</code>	<code>bool</code>	Пользователь может создавать базы данных
<code>usesuper</code>	<code>bool</code>	Пользователь является супер-пользователем
<code>userepl</code>	<code>bool</code>	Пользователь может инициировать потоковую репликацию, включать и отключать режим резервного копирования.
<code>usebypassrls</code>	<code>bool</code>	Пользователь не подчиняется никаким политикам защиты на уровне строк; за подробностями обратитесь к Разделу 5.7.
<code>passwd</code>	<code>text</code>	Не пароль (всегда выводится как <code>*****</code>)
<code>valuntil</code>	<code>abstime</code>	Срок действия пароля (используется только при аутентификации по паролю)
<code>useconfig</code>	<code>text[]</code>	Сеансовые значения по умолчанию для переменных конфигурации времени выполнения

52.92. pg_user_mappings

Представление `pg_user_mappings` открывает доступ к информации о сопоставлениях пользователей. По сути это просто доступное для чтения всеми отображение `pg_user_mapping`, в котором поле параметров показывается, только если у пользователя есть права читать его.

Таблица 52.93. Столбцы `pg_user_mappings`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>umid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_user_mapping .oid</code>	OID сопоставления пользователей
<code>srvid</code>	<code>oid</code>	<code>pg_foreign_server .oid</code>	OID стороннего сервера, содержащего это сопоставление
<code>srvname</code>	<code>name</code>	<code>pg_foreign_server .srvname</code>	Имя стороннего сервера
<code>umuser</code>	<code>oid</code>	<code>pg_authid .oid</code>	OID сопоставляемой локальной роли, либо 0, если сопоставление задается для всех
<code>username</code>	<code>name</code>		Имя локального пользователя, для которого задано сопоставление

Имя	Тип	Ссылки	Описание
umoptions	text[]		Специальные параметры сопоставления пользователей, в виде строк «ключ=значение»

Для защиты информации о паролях, хранящейся в свойствах сопоставления пользователей, столбец `umoptions` при чтении будет содержать не NULL, если только выполняется одно из этих условий:

- текущий пользователь является объектом сопоставления и владельцем сервера или имеет право `USAGE` для него
- текущий пользователь является владельцем сервера и прочитывается сопоставление для `PUBLIC`
- текущий пользователь является суперпользователем

52.93. pg_views

Представление `pg_views` даёт доступ к полезной информации обо всех представлениях в базе данных.

Таблица 52.94. Столбцы `pg_views`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
schemaname	name	<code>pg_namespace.nspname</code>	Имя схемы, содержащей представление
viewname	name	<code>pg_class.relname</code>	Имя представления
viewowner	name	<code>pg_authid.rolname</code>	Имя владельца представления
definition	text		Определение представления (реконструированный запрос <code>SELECT</code>)

Глава 53. Клиент-серверный протокол

Клиенты и серверы PostgreSQL взаимодействуют друг с другом, используя специальный протокол, основанный на сообщениях. Этот протокол поддерживается для соединений по TCP/IP и через Unix-сокеты. Для серверов, поддерживающих этот протокол, в IANA зарезервирован номер TCP-порта 5432, но на практике можно задействовать любой порт, не требующий особых привилегий.

В этой документации описана версия 3.0 этого протокола, реализованная в PostgreSQL версии 7.4 и новее. За описанием предыдущих версий протокола обратитесь к документации более ранних выпусков PostgreSQL. Один сервер способен поддерживать несколько версий протокола. Какую версию протокола пытается использовать клиент, сервер узнаёт из стартового сообщения при установлении соединения. Если старшая версия, запрашиваемая клиентом, не поддерживается сервером, соединение будет разорвано (например, это будет иметь место, если клиент запросит протокол версии 4.0, несуществующий на момент написания этого текста). Если младшая версия, запрашиваемая клиентом, не поддерживается сервером (например, клиент запросил версию 3.1, а сервер поддерживает только 3.0), сервер может либо разорвать соединение, либо ответить сообщением `NegotiateProtocolVersion` с указанием наибольшей младшей версии, которую он поддерживает. Затем клиент может решить либо продолжить установление соединения с указанной версией протокола, либо разорвать соединение.

Чтобы эффективно обслуживать множество клиентов, сервер запускает отдельный «обслуживающий» процесс для каждого клиента. В текущей реализации новый дочерний процесс запускается немедленно после обнаружения входящего подключения. Однако это происходит прозрачно для протокола. С точки зрения протокола, термины «обслуживающий процесс», «процесс заднего плана» и «сервер» взаимозаменяемы, как и «приложение переднего плана» и «клиент».

53.1. Обзор

В протоколе выделены отдельные фазы для запуска и обычных операций. На стадии запуска клиент устанавливает подключение к серверу и должен удовлетворить сервер, подтвердив свою подлинность. (Для этого может потребоваться одно или несколько сообщений, в зависимости от применяемого метода проверки подлинности.) Если всё проходит успешно, сервер сообщает клиенту о текущем состоянии, а затем переходит к обычной работе. Не считая начального стартового сообщения, в этой фазе протокола ведущую роль играет сервер.

В ходе обычной работы клиент передаёт запросы и другие команды серверу, а сервер возвращает результаты запросов и другие ответы. В некоторых случаях (например, с `NOTIFY`) сервер передаёт клиенту сообщения по своей инициативе, но по большей части эта фаза сеанса управляется запросами клиента.

Завершение сеанса обычно происходит по желанию клиента, но в некоторых случаях и сервер может принудительно завершить сеанс. В любом случае, когда сервер закрывает соединение, он предварительно откатывает любую открытую (незавершённую) транзакцию.

В процессе обычной работы команды SQL могут выполняться по одному из двух внутренних протоколов. По протоколу «простых запросов» клиент посылает просто текстовую строку запроса, которую сервер сразу же разбирает и выполняет. С протоколом «расширенных запросов» обработка запросов разделяется на несколько этапов: разбор, привязывание значений параметров и исполнение. Это даёт дополнительную гибкость и может увеличить быстродействие ценой большей сложности.

В обычном режиме также поддерживаются дополнительные внутренние протоколы для специальных операций, например `COPY`.

53.1.1. Обзор обмена сообщениями

Всё взаимодействие представляет собой поток сообщений. Первый байт сообщения определяет тип сообщения, а следующие четыре байта задают длину остального сообщения (эта длина включает размер самого поля длины, но не байт с типом сообщения). Остальное содержимое сообщения

определяется его типом. По историческим причинам в самом первом сообщении, передаваемом клиентом, (стартовом сообщении) первый байт с типом сообщения отсутствует.

Чтобы не потерять синхронизацию в потоке сообщений, и серверы, и клиенты обычно считывают всё сообщение в буфер (его размер определяется счётчиком байт), прежде чем обрабатывать его содержимое. Это позволяет без труда продолжить работу, если возникает ошибка при разборе сообщения. В исключительных случаях (например, при нехватке памяти для помещения сообщения в буфер), счётчик байт помогает получателю определить, сколько поступающих байт нужно пропустить, прежде чем продолжать получать сообщения.

С другой стороны, и клиенты, и серверы, ни при каких условиях не должны передавать неполные сообщения. Чтобы этого не допустить, обычно всё сообщение сначала размещается в буфере, и только потом передаётся. Если в процессе отправки или получения сообщения происходит сбой передачи, единственным разумным вариантом продолжения будет прерывание соединения, так как вероятность восстановления синхронизации по границам сообщений в этой ситуации минимальна.

53.1.2. Обзор расширенных запросов

В протоколе расширенных запросов исполнение команд SQL разделяется на несколько этапов. Состояние между этапами представляется объектами двух типов: *подготовленные операторы* и *порталы*. Подготовленный оператор представляет собой результат разбора и семантического анализа текстовой строки запроса. Подготовленный оператор сам по себе не готов для исполнения, так как он может не иметь конкретных значений для *параметров*. Портал представляет собой готовый к исполнению или уже частично выполненный оператор, в котором заданы все недостающие значения параметров. (Для операторов `SELECT` портал равнозначен открытому курсору, но мы выбрали другой термин, так как курсоры неприменимы к операторам, отличным от `SELECT`.)

Общий цикл выполнения состоит из этапа *разбора*, на котором из текстовой строки запроса создаётся подготовленный оператор; этапа *привязки*, на котором из подготовленного оператора и значений для необходимых параметров создаётся портал; и этапа *выполнения*, на котором исполняется запрос портала. В случае запроса, возвращающего строки (`SELECT`, `SHOW` и т. д.), можно указать, чтобы за один шаг выполнения возвращалось только ограниченное число строк, так что для завершения операции понадобятся несколько шагов выполнения.

Сервер может контролировать одновременно несколько подготовленных операторов и порталов (но учтите, что они существуют только в рамках сеанса и никогда не разделяются между сеансами). Обращаться к подготовленным операторам и порталам можно по именам, которые назначаются им при создании. Кроме того, существуют и «безымянные» подготовленные операторы и порталы. Хотя они практически не отличаются от именованных объектов, операции с ними оптимизированы для разового выполнения запроса с последующим освобождением объекта, тогда как операции с именованными объектами оптимизируются в расчёте на многократное использование.

53.1.3. Форматы и коды форматов

Данные определённого типа могут передаваться в одном из нескольких различных *форматов*. С версии 7.4 PostgreSQL поддерживаются только текстовый («text») и двоичный («binary») форматы, но в протоколе предусмотрены возможности для расширения в будущем. Ожидаемый формат для любого значения задаётся *кодом формата*. Клиенты могут указывать код формата для каждого передаваемого значения параметра и для каждого столбца результата запроса. Текстовый формат имеет код ноль, двоичный — код один, а другие коды оставлены для определения в будущем.

Текстовым представлением значений будут строки, которые выдаются и принимаются функциями ввода/вывода определённого типа данных. В передаваемом представлении завершающий нулевой символ отсутствует, клиент должен добавить его сам, если хочет обрабатывать такое представление в виде строки C. (Собственно, данные в текстовом формате не могут содержать нулевые символы.)

В двоичном представлении целых чисел применяется сетевой порядок байт (наиболее значащий байт первый). Какое именно двоичное представление имеют другие типы данных, можно узнать

в документации или исходном коде. Но учтите, что двоичное представление сложных типов данных может меняться от версии к версии сервера; с точки зрения портируемости обычно лучше текстовый формат.

53.2. Поток сообщений

В этом разделе описывается поток сообщений и семантика каждого типа сообщений. (Подробнее точное представление каждого сообщения описывается в Разделе 53.7.) В зависимости от состояния соединения выделяются несколько различных подразделов протокола: запуск, запрос, вызов функции, копирование (COPY) и завершение. Есть также специальные средства для асинхронных операций (в частности, для уведомлений и отмены команд), которые могут выполняться в любой момент после этапа запуска.

53.2.1. Запуск

Чтобы начать сеанс, клиент открывает подключение к серверу и передаёт стартовое сообщение. В этом сообщении содержатся имена пользователя и базы данных, к которой пользователь хочет подключиться; в нём также определяется, какая именно версия протокола будет использоваться. (Стартовое сообщение также может содержать дополнительные значения для параметров времени выполнения.) Проанализировав эту информацию и содержимое своих файлов конфигурации (в частности, `pg_hba.conf`), сервер определяет, можно ли предварительно разрешить это подключение, и какая дополнительная проверка подлинности требуется.

Затем сервер отправляет соответствующее сообщение с запросом аутентификации, на которое клиент должен ответить сообщением, подтверждающим его подлинность (например, по паролю). Для всех методов аутентификации, за исключением GSSAPI, SSPI и SASL, может быть максимум один запрос и один ответ. Для некоторых методов ответ клиента вообще не требуется, так что запрос аутентификации также не передаётся. Методы GSSAPI, SSPI и SASL для прохождения проверки подлинности могут потребовать выполнить серию обменов пакетами.

Цикл аутентификации заканчивает сервер, либо запрещая соединение (`ErrorResponse`), либо принимая его (отправляя `AuthenticationOk`).

Сервер может передавать в этой фазе следующие сообщения:

`ErrorResponse` (Ошибочный ответ)

Попытка соединения была отвергнута. Сразу после этого сервер закрывает соединение.

`AuthenticationOk` (Аутентификация пройдена)

Обмен сообщениями для проверки подлинности завершён успешно.

`AuthenticationKerberosV5` (Аутентификация Kerberos V5)

Клиент должен теперь принять участие в диалоге аутентификации по протоколу Kerberos V5 (здесь его детали не описывается, так как они относятся к спецификации Kerberos) с сервером. Если этот диалог завершается успешно, сервер отвечает `AuthenticationOk`, иначе — `ErrorResponse`. Этот вариант аутентификации больше не поддерживается.

`AuthenticationCleartextPassword` (Аутентификация с открытым паролем)

Клиент должен передать в ответ сообщение `PasswordMessage`, содержащее пароль в открытом виде. Если пароль правильный, сервер отвечает ему `AuthenticationOk`, иначе — `ErrorResponse`.

`AuthenticationMD5Password` (Аутентификация с паролем MD5)

Клиент должен передать в ответ сообщение `PasswordMessage` с результатом преобразования пароля (и имени пользователя) в хеш MD5 с последующим хешированием с четырёхбайтовым случайным значением соли, переданным в сообщении `AuthenticationMD5Password`. Если пароль правильный, сервер отвечает `AuthenticationOk`, иначе — `ErrorResponse`. Содержимое сообщения `PasswordMessage` можно вычислить в SQL как `concat('md5',`

`md5(concat(md5(concat(password, username)), random-salt)))`. (Учтите, что функция `md5()` возвращает результат в виде шестнадцатеричной строки.)

AuthenticationSCMCredential (Аутентификация по учётным данным SCM)

Этот ответ возможен только для локальных подключений через Unix-сокеты на платформах, поддерживающих сообщения с учётными данными SCM. Клиент должен выдать сообщение с учётными данными SCM и дополнительно отправить один байт данных. (Содержимое этого байта не представляет интереса; его нужно передавать, только чтобы сервер дожидался сообщения с учётными данными.) Если сервер принимает учётные данные, он отвечает `AuthenticationOk`, иначе — `ErrorResponse`. (Этот тип сообщений выдают только серверы версии до 9.1. В конце концов он может быть исключён из спецификации протокола.)

AuthenticationGSS (Аутентификация GSS)

Клиент должен начать согласование GSSAPI. В ответ на это сообщение клиент отправляет `GSSResponse` с первой частью потока данных GSSAPI. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ `AuthenticationGSSContinue`.

AuthenticationSSPI (Аутентификация SSPI)

Клиент должен начать согласование SSPI. В ответ на это сообщение клиент отправляет `GSSResponse` с первой частью потока данных SSPI. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ `AuthenticationGSSContinue`.

AuthenticationGSSContinue (Продолжение аутентификации GSS)

Это сообщение содержит данные ответа на предыдущий шаг согласования GSSAPI или SSPI (`AuthenticationGSS`, `AuthenticationSSPI` или предыдущего `AuthenticationGSSContinue`). Если в структуре GSSAPI или SSPI в этом сообщении указывается, что для завершения аутентификации требуются дополнительные данные, клиент должен передать их в очередном сообщении `GSSResponse`. Если этим сообщением завершается проверка подлинности GSSAPI или SSPI, сервер затем передаёт `AuthenticationOk`, сообщая об успешной проверке подлинности, либо `ErrorResponse`, сообщая об ошибке.

AuthenticationSASL (Аутентификация SASL)

Клиент должен начать согласование SASL, используя один из механизмов SASL, перечисленных в сообщении. В ответ на это сообщение клиент отправляет `SASLInitialResponse` с именем выбранного механизма и первой частью потока данных SASL. Если потребуются дополнительные сообщения, сервер передаст в ответ `AuthenticationSASLContinue`. За подробностями обратитесь к Разделу 53.3.

AuthenticationSASLContinue (Продолжение аутентификации SASL)

Это сообщение содержит данные вызова с предыдущего шага согласования SASL (`AuthenticationSASL` или предыдущего `AuthenticationSASLContinue`). Клиент должен передать в ответ сообщение `SASLResponse`.

AuthenticationSASLFinal (Окончание аутентификации SASL)

Аутентификация SASL завершена с дополнительными данными для клиента, специфичными для механизма. Затем сервер передаст сообщение `AuthenticationOk`, говорящее об успешной аутентификации, или `ErrorResponse`, говорящее об ошибке. Данное сообщение передаётся, только если механизм SASL должен в завершение передать с сервера клиенту дополнительные специфичные данные.

NegotiateProtocolVersion

Сервер не поддерживает младшую версию протокола, запрошенную клиентом, но поддерживает более раннюю версию протокола; в этом сообщении указывается наибольшая поддерживаемая младшая версия. Это сообщение будет также передаваться, если клиент запросил в стартовом пакете неподдерживаемые параметры протокола (то есть, начинающиеся с `_pq_`).

За этим сообщением должен последовать или ответ `ErrorResponse`, или сообщение, говорящее об успехе или неудаче проверки подлинности.

Если клиент не поддерживает метод проверки подлинности, запрошенный сервером, он должен немедленно закрыть соединение.

Получив сообщение `AuthenticationOk`, клиент должен ждать дальнейших сообщений от сервера. В этой фазе запускается обслуживающий процесс, а клиент представляет собой просто заинтересованного наблюдателя. Попытка запуска может быть неудачной (и клиент получит `ErrorResponse`) либо сервер может отказать в поддержке запрошенной младшей версии протокола (`NegotiateProtocolVersion`), но в обычной ситуации обслуживающий процесс передаёт несколько сообщений `ParameterStatus`, `BackendKeyData` и, наконец, `ReadyForQuery`.

В ходе этой фазы обслуживающий процесс попытается применить все параметры времени выполнения, полученные в стартовом сообщении. Если это удастся, эти значения становятся сеансовыми значениями по умолчанию. При ошибке он передаёт `ErrorResponse` и завершается.

Обслуживающий процесс может передавать в этой фазе следующие сообщения:

BackendKeyData (Данные ключа сервера)

В этом сообщении передаётся секретный ключ, который клиент должен сохранить, чтобы впоследствии иметь возможность выполнять запросы. Клиент не должен отвечать на это сообщение, он должен дожидаться сообщения `ReadyForQuery`.

ParameterStatus (Состояние параметров)

Это сообщение говорит клиенту о текущих (начальных) значениях параметров обслуживающего процесса, например, `client_encoding` или `DateStyle`. Клиент может проигнорировать это сообщение или сохранить значения для дальнейшего использования; за дополнительными подробностями обратитесь к Подразделу 53.2.6. Клиент не должен отвечать на это сообщение, он должен дожидаться сообщения `ReadyForQuery`.

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Запуск завершён. Теперь клиент может выполнять команды.

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Запуск не удался. Соединение закрывается после передачи этого сообщения.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждающее сообщение. Клиент должен вывести это сообщение, но продолжать ожидать сообщения `ReadyForQuery` или `ErrorResponse`.

Сообщение `ReadyForQuery` в данной фазе ничем не отличается от сообщений, который передаёт сервер после каждого цикла команд. В зависимости от условий реализации клиента, можно воспринимать сообщение `ReadyForQuery` как начинающее цикл команд, либо как завершающее фазу запуска и каждый последующий цикл команд.

53.2.2. Простой запрос

Цикл простого запроса начинает клиент, передавая серверу сообщение `Query`. Это сообщение включает команду (или команды) SQL, выраженную в виде текстовой строки. В ответ сервер передаёт одно или несколько сообщений, в зависимости от строки запроса, и завершает цикл сообщением `ReadyForQuery`. `ReadyForQuery` говорит клиенту, что он может безопасно передавать новую команду. (На самом деле клиент может передать следующую команду, не дожидаясь `ReadyForQuery`, но тогда он сам должен разобраться в ситуации, когда первая команда завершается ошибкой, а последующая выполняется успешно.)

Сервер может передавать в этой фазе следующие ответные сообщения:

CommandComplete (Команда завершена)

Команда SQL выполнена нормально.

CopyInResponse (Ответ входящего копирования)

Сервер готов копировать данные, получаемые от клиента, в таблицу; см. Подраздел 53.2.5.

CopyOutResponse (Ответ исходящего копирования)

Сервер готов копировать данные из таблицы клиенту; см. Подраздел 53.2.5.

RowDescription (Описание строк)

Показывает, что в ответ на запрос `SELECT`, `FETCH` и т. п. будут возвращены строки. В содержимом этого сообщения описывается структура столбцов этих строк. За ним для каждой строки, возвращаемой клиенту, следует сообщение `DataRow`.

DataRow (Строка данных)

Одна строка из набора, возвращаемого запросом `SELECT`, `FETCH` и т. п.

EmptyQueryResponse (Ответ на пустой запрос)

Была принята пустая строка запроса.

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Произошла ошибка.

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Обработка строки запроса завершена. Чтобы отметить это, отправляется отдельное сообщение, так как строка запроса может содержать несколько команд SQL. (Сообщение `CommandComplete` говорит о завершении обработки одной команды SQL, а не всей строки.) `ReadyForQuery` передаётся всегда, и при успешном завершении обработки, и при ошибке.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждение, связанное с запросом. Эти замечания дополняют другие ответы, то есть сервер, выдавая их, продолжает обрабатывать команду.

Ответ на запрос `SELECT` (или другие запросы, возвращающие наборы строк, такие как `EXPLAIN` и `SHOW`) обычно состоит из `RowDescription`, нуля или нескольких сообщений `DataRow`, и завершающего `CommandComplete`. Для команды `COPY` с вводом или выводом данных через клиента, применяется специальный протокол, описанный в Подразделе 53.2.5. Со всеми другими типами запросами обычно выдаётся только сообщение `CommandComplete`.

Так как строка запроса может содержать несколько запросов (разделённых точкой с запятой), до завершения обработки всей строки сервер может передать несколько серий таких ответов. Когда сервер завершает обработку всей строки и готов принять следующую строку запроса, он выдаёт сообщение `ReadyForQuery`.

Если получена полностью пустая строка запроса (не содержащая ничего, кроме пробельных символов), ответом будет `EmptyQueryResponse` с последующим `ReadyForQuery`.

В случае ошибки выдаётся `ErrorResponse` с последующим `ReadyForQuery`. Сообщение `ErrorResponse` прерывает дальнейшую обработку строки запроса (даже если в ней остались другие запросы). Заметьте, что оно может быть выдано и в середине последовательности сообщений, выдаваемых в ответ на отдельный запрос.

В режиме простых запросов получаемые значения всегда передаются в текстовом формате, за исключением результатов команды `FETCH` для курсора, объявленного с атрибутом `BINARY`. С такой командой значения передаются в двоичном формате. Какой именно формат используется, определяют коды формата, передаваемые в сообщении `RowDescription`.

Клиент должен быть готов принять сообщения `ErrorResponse` и `NoticeResponse`, ожидая любой другой тип сообщений. Также обратитесь к Подразделу 53.2.6 за информацией о сообщениях, которые сервер может выдавать в ответ на внешние события.

Код клиента рекомендуется реализовывать в виде машины состояний, которая в любой момент будет принимать сообщения всех типов, имеющих смысл на данном этапе, но не программировать жёстко обработку точной последовательности сообщений.

53.2.2.1. Несколько операторов в простом запросе

Когда сообщение простого запроса содержит несколько SQL-операторов (разделённых точкой с запятой), эти операторы выполняются в одной транзакции, если только среди них нет явных команд управления транзакциями, меняющих это поведение. Например, если сообщение содержит

```
INSERT INTO mytable VALUES(1);  
SELECT 1/0;  
INSERT INTO mytable VALUES(2);
```

, то ошибка деления на ноль в `SELECT` приведёт к откату результата первого `INSERT`. Более того, вследствие прерывания обработки сообщения на первой ошибке, второй `INSERT` не будет выполняться вовсе.

Если же сообщение содержит:

```
BEGIN;  
INSERT INTO mytable VALUES(1);  
COMMIT;  
INSERT INTO mytable VALUES(2);  
SELECT 1/0;
```

результат первого `INSERT` фиксируется явной командой `COMMIT`. Второй `INSERT` и последующий `SELECT` будут так же обрабатываться в одной транзакции, поэтому ошибка деления на ноль приведёт к откату второго `INSERT`, и не затронет первый.

Для реализации этого поведения операторы в составном сообщении запроса выполняются в *неявном блоке транзакций*, если только в сообщении нет явного блока транзакции, в котором они должны выполняться. Основное отличие неявного блока транзакции от обычного состоит в том, что неявный блок автоматически закрывается в конце сообщения Query — либо неявно фиксируется при отсутствии ошибок, либо неявно откатывается в противном случае. Подобная неявная фиксация или отмена транзакции имеет место, когда оператор выполняется отдельно (вне блока транзакции).

Если в рамках сеанса уже начат блок транзакции (в результате выполнения оператора `BEGIN` из некоторого предыдущего сообщения), сообщение Query просто продолжает этот блок независимо от того, содержится ли в нём один оператор или несколько. Однако если сообщение Query содержит команду `COMMIT` или `ROLLBACK`, закрывающую существующий блок транзакций, то все последующие команды в нём выполняются в неявном блоке транзакции. И напротив, если составное сообщение Query содержит команду `BEGIN`, она начинает обычный блок транзакции, который будет закончен только явными командами `COMMIT` или `ROLLBACK`, в каком бы сообщении Query, текущем или последующих, они ни содержались. Если `BEGIN` следует за операторами, которые выполнялись в неявном блоке транзакции, эти операторы не фиксируются немедленно; они задним числом включаются в новый обычный блок транзакции.

Операторы `COMMIT` и `ROLLBACK`, фигурирующие в неявном блоке транзакции, выполняются как обычно, закрывая неявный блок; однако при этом будет выдано предупреждение, так как `COMMIT` или `ROLLBACK` без предшествующего `BEGIN` могут выполняться по ошибке. Если за этими операторами следуют другие, для них будет начат новый неявный блок транзакции.

Точки сохранения в неявных блоках транзакций не допускаются, так как они будут конфликтовать с правилом автоматического закрытия блока при любой ошибке.

Помните, что, вне зависимости от наличия любых команд управления транзакциями, выполнение сообщения Query останавливается при первой же ошибке. Таким образом, с данными командами:

```
BEGIN;  
SELECT 1/0;
```

```
ROLLBACK;
```

в одном сообщении Query сеанс останется внутри прерванного обычного блока транзакции, так как команда `ROLLBACK` не достигается после ошибки деления на ноль. Для приведения сеанса в порядок потребуется выполнить ещё один `ROLLBACK`.

Также следует заметить, что первоначальный лексический и синтаксический анализ производится для всей строки запроса, прежде чем какая-либо её часть будет выполняться. Таким образом, простые ошибки (например, опечатка в ключевом слове) в последующих операторах могут привести к тому, что не будет выполнен и ни один из предшествующих операторов. Это обычно незаметно для пользователей, так как эти операторы откатились бы всё равно при выполнении в неявном блоке транзакции. Однако эта особенность может проявиться при попытке выполнить несколько транзакций в одном составном запросе. Например, если из-за опечатки предыдущий пример превратился в:

```
BEGIN;  
INSERT INTO mytable VALUES(1);  
COMMIT;  
INSERT INTO mytable VALUES(2);  
SELCT 1/0;
```

ни один из операторов не будет выполняться, и отличие проявится в том, что первый `INSERT` не будет зафиксирован. Ошибки, выявленные на стадии семантического анализа или позже, например, опечатки в имени таблиц или столбца, такого влияния на выполнение не оказывают.

53.2.3. Расширенный запрос

Протокол расширенных запросов разбивает вышеописанный протокол простых запросов на несколько шагов. Результаты подготовительных шагов можно неоднократно использовать повторно для улучшения эффективности. Кроме того, он открывает дополнительные возможности, в частности, возможность передавать значения данных в отдельных параметрах вместо того, чтобы внедрять их непосредственно в строку запроса.

В расширенном протоколе клиент сначала передаёт сообщение `Parse` с текстовой строкой запроса и, возможно, некоторыми сведениями о типах параметров и именем целевого объекта подготовленного оператора (если имя пустое, создаётся безымянный подготовленный оператор). Ответом на это сообщение будет `ParseComplete` или `ErrorResponse`. Типы параметров указываются по `OID`; при отсутствии явного указания анализатор запроса пытается определить типы данных так же, как он делал бы для нетипизированных строковых констант.

Примечание

Тип данных параметра можно оставить неопределённым, задав для него значение ноль, либо сделав массив с `OID` типов параметров короче, чем набор символов параметров ($\$n$), используемых в строке запроса. Другой особый случай — передача типа параметра как `void` (то есть передача `OID` псевдотипа `void`). Это предусмотрено для того, чтобы символы параметров можно было использовать для параметров функций, на самом деле представляющих собой параметры `OUT`. Обычно параметр `void` нельзя использовать ни в каком контексте, но если такой параметр фигурирует в списке параметров функции, он фактически игнорируется. Например, вызову функции `foo($1, $2, $3, $4)` может соответствовать функция с аргументами `IN` и двумя `OUT`, если аргументы `$3` и `$4` объявлены как имеющие тип `void`.

Примечание

Строка запроса, содержащаяся в сообщении `Parse`, не может содержать больше одного оператора `SQL`; иначе выдаётся синтаксическая ошибка. Это ограничение отсутствует в протоколе простых запросов, но присутствует в расширенном протоколе, так как до-

бавление поддержки подготовленных операторов или порталов, содержащих несколько команд, неоправданно усложнило бы протокол.

В случае успешного создания именованный подготовленный оператор продолжает существовать до завершения текущего сеанса, если только он не будет уничтожен явно. Безымянный подготовленный оператор сохраняется только до следующей команды Parse, в которой целевым является безымянный оператор. (Заметьте, что сообщение простого запроса также уничтожает безымянный оператор.) Именованные операторы должны явно закрываться, прежде чем их можно будет переопределить другим сообщением Parse, но для безымянных операторов это не требуется. Именованные подготовленные операторы также можно создавать и вызывать на уровне команд SQL, используя команды PREPARE и EXECUTE.

Когда подготовленный оператор существует, его можно подготовить к выполнению сообщением Bind. В сообщении Bind задаётся имя исходного подготовленного оператора (пустая строка подразумевает безымянный подготовленный оператор), имя целевого портала (пустая строка подразумевает безымянный портал) и значения для любых шаблонов параметров, представленных в подготовленном операторе. Набор передаваемых значений должен соответствовать набору параметров, требующихся для подготовленного оператора. (Если вы объявили параметры void в сообщении Parse, передайте для них значения NULL в сообщении Bind.) Bind также принимает указание формата для данных, возвращаемых в результате запроса; формат можно указать для всех данных, либо для отдельных столбцов. Ответом на это сообщение будет BindComplete или ErrorResponse.

Примечание

Выбор между текстовым и двоичным форматом вывода определяется кодами формата, передаваемыми в Bind, вне зависимости от команды SQL. При использовании протокола расширенных запросов атрибут BINARY в объявлении курсоров не имеет значения.

Планирование запроса обычно имеет место при обработке сообщения Bind. Если подготовленный оператор не имеет параметров, либо он выполняется многократно, сервер может сохранить созданный план и использовать его повторно при последующих сообщениях Bind для того же подготовленного оператора. Однако он будет делать это, только если решит, что можно получить универсальный план, который не будет значительно неэффективнее планов, зависящих от конкретных значений параметров. С точки зрения протокола это происходит незаметно.

В случае успешного создания объект именованного портала продолжает существование до конца текущей транзакции, если только он не будет уничтожен явно. Безымянный портал уничтожается в конце транзакции или при выполнении следующей команды Bind, в которой в качестве целевого выбирается безымянный портал. (Заметьте, что сообщение простого запроса также уничтожает безымянный портал.) Именованные порталы должны явно закрываться, прежде чем их можно будет явно переопределить другим сообщением Bind, но это не требуется для безымянных порталов. Именованные порталы также можно создавать и вызывать на уровне команд SQL, используя команды DECLARE CURSOR и FETCH.

Когда портал существует, его можно запустить на выполнение сообщением Execute. В сообщении Execute указывается имя портала (пустая строка подразумевает безымянный портал) и максимальное число результирующих строк (ноль означает «выбрать все строки»). Число результирующих строк имеет значение только для порталов, которые содержат команды, возвращающие наборы строк; в других случаях команда всегда выполняется до завершения и число строк игнорируется. В ответ на Execute могут быть получены те же сообщения, что описаны выше для запросов, выполняемых через протокол простых запросов, за исключением того, что после Execute не выдаются сообщения ReadyForQuery и RowDescription.

Если операция Execute оканчивается до завершения выполнения портала (из-за достижения ненулевого ограничения на число строк), сервер отправляет сообщение PortalSuspended; появление этого сообщения говорит клиенту о том, что для завершения операции с данным порталом нужно выдать ещё одно сообщение Execute. Сообщение CommandComplete, говорящее о заверше-

нии исходной команды SQL, не передаётся до завершения выполнения портала. Таким образом, фаза Execute всегда заканчивается при появлении одного из сообщений: CommandComplete, EmptyQueryResponse (если портал был создан из пустой строки запроса), ErrorResponse или PortalSuspended.

В конце каждой серии сообщений расширенных запросов клиент должен выдать сообщение Sync. Получив это сообщение без параметров, сервер закрывает текущую транзакцию, если команды выполняются не внутри блока транзакции BEGIN/COMMIT (под «закрытием» понимается фиксация при отсутствии ошибок или откат в противном случае). Затем он выдаёт ответ ReadyForQuery. Целью сообщения Sync является обозначение точки синхронизации для восстановления в случае ошибок. Если при обработке сообщений расширенных запросов происходит ошибка, сервер выдаёт ErrorResponse, затем считывает и пропускает сообщения до Sync, после чего выдаёт ReadyForQuery и возвращается к обычной обработке сообщений. (Но заметьте, что он не будет пропускать следующие сообщения, если ошибка происходит в процессе обработки Sync — это гарантирует, что для каждого Sync будет передаваться в точности одно сообщение ReadyForQuery.)

Примечание

Сообщение Sync не приводит к закрытию блока транзакции, открытого командой BEGIN. Выявить эту ситуацию можно, используя информацию о состоянии транзакции, содержащуюся в сообщении ReadyForQuery.

В дополнение к этим фундаментальным и обязательным операциям, протокол расширенных запросов позволяет выполнить и несколько дополнительных операций.

В сообщении Describe (в вариации для портала) задаётся имя существующего портала (пустая строка обозначает безымянный портал). В ответ передаётся сообщение RowDescription, описывающее строки, которые будут возвращены при выполнении портала; либо сообщение NoData, если портал не содержит запроса, возвращающего строки; либо ErrorResponse, если такого портала нет.

В сообщении Describe (в вариации для оператора) задаётся имя существующего подготовленного оператора (пустая строка обозначает безымянный подготовленный оператор). В ответ передаётся сообщение ParameterDescription, описывающее параметры, требующиеся для оператора, за которым следует сообщение RowDescription, описывающее строки, которые будут возвращены, когда оператор будет собственно выполнен (или сообщение NoData, если оператор не возвратит строки). ErrorResponse выдаётся, если такой подготовленный оператор отсутствует. Заметьте, что так как команда Bind не выполнялась, сервер ещё не знает, в каком формате будут возвращаться столбцы; в этом случае поля кодов формата в сообщении RowDescription будут содержать нули.

Подсказка

В большинстве случаев клиент должен выдать ту или иную вариацию Describe, прежде чем выдавать Execute, чтобы понять, как интерпретировать результаты, которые он получит.

Сообщение Close закрывает существующий подготовленный оператор или портал и освобождает связанные ресурсы. При попытке выполнить Close для имени несуществующего портала или оператора ошибки не будет. Ответ на это сообщение обычно CloseComplete, но может быть и ErrorResponse, если при освобождении ресурсов возникают проблемы. Заметьте, что при закрытии подготовленного оператора неявно закрываются все открытые порталы, которые были получены из этого оператора.

Сообщение Flush не приводит к генерации каких-либо данных, а указывает серверу передать все данные, находящиеся в очереди в его буферах вывода. Сообщение Flush клиент должен отправлять после любой команды расширенных запросов, кроме Sync, если он желает проанализировать результаты этой команды, прежде чем выдавать следующие команды. Без Flush сообщения, возвра-

щаемые сервером, будут объединяться вместе в минимальное количество пакетов с целью уменьшения сетевого трафика.

Примечание

Простое сообщение Query примерно равнозначно последовательности сообщений Parse, Bind, Describe (для портала), Execute, Close, Sync, с использованием объектов подготовленного оператора и портала без имён и без параметров. Одно отличие состоит в том, что такое сообщение может содержать в строке запроса несколько операторов SQL, для каждого из которых по очереди автоматически выполняется последовательность Bind/Describe/Execute. Другое отличие состоит в том, что в ответ на него не приходят сообщения ParseComplete, BindComplete, CloseComplete или NoData.

53.2.4. Вызов функций

Подраздел протокола «Вызов функций» позволяет клиенту запросить непосредственный вызов любой функции, существующей в системном каталоге pg_proc. При этом клиент должен иметь право на выполнение этой функции.

Примечание

Этот подраздел протокола считается устаревшим и в новом коде использовать его не следует. Примерно тот же результат можно получить, подготовив оператор с командой `SELECT function($1, ...)`. При таком подходе цикл вызова функции заменяется последовательностью Bind/Execute.

Цикл вызова функции начинает клиент, передавая серверу сообщение FunctionCall. Сервер возвращает одно или несколько сообщений ответа, в зависимости от результата вызова функции, и завершающее сообщение ReadyForQuery. ReadyForQuery говорит клиенту, что он может свободно передавать новый запрос или вызов функции.

Сервер может передавать в этой фазе следующие ответные сообщения:

ErrorResponse (Ошибочный ответ)

Произошла ошибка.

FunctionCallResponse (Ответ на вызов функции)

Вызов функции завершён и в этом сообщении передаётся её результат. (Заметьте, что протокол вызова функций позволяет выдать только один скалярный результат, но не кортеж или набор результатов.)

ReadyForQuery (Готов к запросам)

Обработка вызова функции завершена. В ответ всегда передаётся ReadyForQuery, независимо от того, была ли функция выполнена успешно или с ошибкой.

NoticeResponse (Ответ с замечанием)

Выдаётся предупреждение, связанное с вызовом функции. Эти замечания дополняют другие ответы, то есть сервер, выдавая их, продолжает обрабатывать вызов.

53.2.5. Операции COPY

Команда COPY позволяет обеспечить скоростную передачу данных на сервер или с сервера. Операции входящего и исходящего копирования переключают соединение в отдельные режимы протокола, которые завершаются только в конце операции.

Режим входящего копирования (передача данных на сервер) включается, когда клиент выполняет SQL-оператор `COPY FROM STDIN`. Переходя в этот режим, сервер передаёт клиенту сообщение `CopyInResponse`. После этого клиент должен передать ноль или более сообщений `CopyData`, образующих поток входных данных. (При этом границы сообщений не обязательно должны совпадать с границами строк данных, хотя часто имеет смысл выровнять их.) Клиент может завершить режим входящего копирования, передав либо сообщение `CopyDone` (говорящее об успешном завершении), либо `CopyFail` (которое приведёт к завершению SQL-оператора `COPY` с ошибкой). При этом сервер вернётся в обычный режим обработки, в котором он находился до выполнения команды `COPY` (это может быть протокол простых или расширенных запросов). Затем он отправит сообщение `CommandComplete` (в случае успешного завершения) или `ErrorResponse` (в противном случае).

В случае возникновения ошибки в режиме входящего копирования (включая получение сообщения `CopyFail`), сервер выдаёт сообщение `ErrorResponse`. Если команда `COPY` была получена в сообщении расширенного запроса, сервер не будет обрабатывать последующие сообщения клиента, пока не получит сообщение `Sync`, после которого он выдаст `ReadyForQuery` и вернётся в обычный режим работы. Если команда `COPY` была получена в сообщении простого запроса, остальная часть сообщения игнорируется и сразу выдаётся `ReadyForQuery`. В любом случае все последующие сообщения `CopyData`, `CopyDone` или `CopyFail`, поступающие от клиента, будут просто игнорироваться.

В режиме входящего копирования сервер игнорирует поступающие сообщения `Flush` и `Sync`. При поступлении сообщений любого другого типа, не связанного с копированием, возникает ошибка, приводящая к прерыванию режима входящего копирования, как описано выше. (Исключение для сообщений `Flush` и `Sync` сделано для удобства клиентских библиотек, которые всегда передают `Flush` или `Sync` после сообщения `Execute`, не проверяя, не запускается ли в нём команда `COPY FROM STDIN`.)

Режим исходящего копирования (передача данных с сервера) включается, когда клиент выполняет SQL-оператор `COPY TO STDOUT`. Переходя в этот режим, сервер передаёт клиенту сообщение `CopyOutResponse`, за ним ноль или более сообщений `CopyData` (всегда одно сообщение для каждой строки) и в завершение `CopyDone`. Затем сервер возвращается в обычный режим обработки, в котором он находился до выполнения команды `COPY`, и передаёт `CommandComplete`. Клиент не может прервать передачу (кроме как закрыв соединение или выдав запрос `Cancel`), но он может игнорировать ненужные ему сообщения `CopyData` и `CopyDone`.

В случае обнаружения ошибки в режиме исходящего копирования, сервер выдаёт сообщение `ErrorResponse` и возвращается к обычной обработке. Клиент должен воспринимать поступление `ErrorResponse` как завершение режима исходящего копирования.

Между сообщениями `CopyData` могут поступать сообщения `NoticeResponse` и `ParameterStatus`; клиенты должны обрабатывать их и быть готовы принимать и другие типы асинхронных сообщений (см. Подраздел 53.2.6). В остальном, сообщения любых типов, кроме `CopyData` и `CopyDone`, могут восприниматься как завершающие режим исходящего копирования.

Есть ещё один режим копирования, называемый двусторонним копированием и обеспечивающий высокоскоростную передачу данных на и с сервера. Двустороннее копирование запускается, когда клиент в режиме `walsender` выполняет оператор `START_REPLICATION`. В ответ сервер передаёт клиенту сообщение `CopyBothResponse`. Затем и сервер, и клиент могут передавать друг другу сообщения `CopyData`, пока кто-то из них не завершит передачу сообщением `CopyDone`. Когда сообщение `CopyDone` передаёт клиент, соединение переходит из режима двустороннего в режим исходящего копирования и клиент больше не может передавать сообщения `CopyData`. Аналогично, когда сообщение `CopyDone` передаёт сервер, соединение переходит в режим входящего копирования и сервер больше не может передавать сообщения `CopyData`. Когда сообщения `CopyDone` переданы обеими сторонами, режим копирования завершается и сервер возвращается в режим обработки команд. В случае обнаружения ошибки на стороне сервера в режиме двустороннего копирования, сервер выдаёт сообщение `ErrorResponse`, пропускает следующие сообщения клиента, пока не будет получено сообщение `Sync`, а затем выдаёт `ReadyForQuery` и возвращается к обычной обработке. Клиент должен воспринимать получение `ErrorResponse` как завершение двустороннего копирования; в этом случае сообщение `CopyDone` посылаться не должно. За дополнительной информацией о подразделе протокола, управляющем двусторонним копированием, обратитесь к Разделу 53.4.

Сообщения `CopyInResponse`, `CopyOutResponse` и `CopyBothResponse` содержат поля, из которых клиент может узнать количество столбцов в строке и код формата для каждого столбца. (В текущей реализации для всех столбцов в заданной операции `COPY` устанавливается один формат, но в конструкции сообщения это не заложено.)

53.2.6. Асинхронные операции

Возможны ситуации, в которых сервер будет отправлять клиенту сообщения, не предполагаемые потоком команд в текущем режиме. Клиенты должны быть готовы принять эти сообщения в любой момент, даже не в процессе выполнения запроса. Как минимум, следует проверять такие сообщения, прежде чем начинать читать ответ на запрос.

Сообщения `NoticeResponse` могут выдаваться вследствие внешней активности; например, если администратор инициирует «быстрое» отключение баз данных, сервер отправит `NoticeResponse`, сигнализирующее об этом факте, прежде чем закрывать соединение. Соответственно, клиенты должны быть готовы всегда принять и вывести сообщения `NoticeResponse`, даже когда соединение фактически простаивает.

Сообщения `ParameterStatus` будут выдаваться всякий раз, когда меняется действующее значение одного из параметров, об изменении которых, по мнению сервера, должен знать клиент. Чаще всего это происходит в ответ на SQL-команду `SET`, выполняемую клиентом и в таком случае это сообщение по сути синхронно — но состояние параметров может меняться и когда администратор изменяет файл конфигурации, а затем посылает серверу сигнал `SIGHUP`. Также, если действие команды `SET` отменяется, клиенту передаётся сообщение `ParameterStatus`, в котором отражается текущее значение параметра.

В настоящее время есть жёстко зафиксированный набор параметров, при изменении которых выдаётся `ParameterStatus`: `server_version`, `server_encoding`, `client_encoding`, `application_name`, `is_superuser`, `session_authorization`, `DateStyle`, `IntervalStyle`, `TimeZone`, `integer_datetimes` и `standard_conforming_strings`. (`server_encoding`, `TimeZone` и `integer_datetimes` не отслеживались до версии 8.0; `standard_conforming_strings` не отслеживался до 8.1; `IntervalStyle` — до версии 8.4; `application_name` — до версии 9.0.) Заметьте, что `server_version`, `server_encoding` и `integer_datetimes` — это псевдопараметры, которые не могут меняться после запуска сервера. Этот набор может быть изменён в будущем или даже будет настраиваемым. Соответственно, клиент может просто игнорировать сообщения `ParameterStatus` для параметров, которые ему неизвестны или не представляют интереса.

Если клиент выполняет команду `LISTEN`, сервер будет передавать ему сообщения `NotificationResponse` (не путайте с `NoticeResponse`!), когда для канала с тем же именем затем будет выполняться команда `NOTIFY`.

Примечание

В настоящее время, сообщение `NotificationResponse` может быть передано только вне транзакции, так что оно не может оказаться в середине серии ответов на команду, хотя может поступить сразу после `ReadyForQuery`. Однако полагаться на это при проектировании логики клиента неразумно. Лучше разработать код так, чтобы `NotificationResponse` могло быть принято в любой фазе протокола.

53.2.7. Отмена выполняющихся запросов

В процессе обработки запроса клиент может запросить отмену этого запроса. Запрос отмены не передаётся серверу непосредственно через открытое соединение из соображений эффективности: мы не хотим, чтобы сервер постоянно проверял поступающие от клиента сообщения в процессе выполнения запроса. Запросы отмены должны быть относительно редкими, поэтому мы выбрали для них не самый простой путь во избежание негативного влияния на обычный режим работы.

Чтобы запросить отмену запроса, клиент должен установить новое подключение к серверу и отправить ему сообщение `CancelRequest`, вместо `StartupMessage`, обычно передаваемого при уста-

новлении нового подключения. Сервер обработает полученную команду и закроет это подключение. По соображениям безопасности сервер не отвечает непосредственно на сообщение с запросом отмены.

Сообщение `CancelRequest` обрабатывается, только если оно содержит те же ключевые данные (PID и секретный ключ), что были переданы клиенту при запуске. Если PID и секретный ключ в запросе соответствуют данным выполняющегося в данный момент обслуживающего процесса, обработка текущего запроса в нём прерывается. (В существующей реализации это осуществляется путём передачи специального сигнала данному обслуживаемому процессу.)

Сигнал отмены может подействовать, а может и не подействовать (например, если он поступит после того, как сервер завершит обработку запроса). Если отмена действительно происходит, текущая команда прерывается досрочно с сообщением об ошибке.

Вследствие такой организации, объясняемой соображениями безопасности и эффективности, клиент не может непосредственно определить, был ли запрос отмены успешен. Он должен продолжать ожидать ответа сервера на исходный запрос. Запрос отмены просто увеличивает вероятность того, что текущий запрос завершится быстрее, как и вероятность того, что он будет завершён не успешно, а с ошибкой.

Так как запрос отмены передаётся серверу через новое подключение к серверу, а не через обычный канал связи клиент-сервер, такие запросы могут выдавать любые процессы, а не только клиентский процесс, запрос которого требуется отменить. Это может дать дополнительную гибкость при построении многопроцессных приложений. Это также представляет собой угрозу безопасности, так как попытаться отменить запросы могут и неавторизованные пользователи. Для ликвидации этой угрозы в запросах отмены требуется передавать динамически генерируемый секретный ключ.

53.2.8. Завершение

Обычная процедура мягкого завершения заключается в том, что клиент отправляет сообщение `Terminate` и немедленно закрывает соединение. Получая это сообщение, обслуживающий процесс закрывает соединение и завершается.

В редких случаях (например, при отключении базы данных по команде администратора) обслуживающий процесс может отключиться, даже если клиент не запрашивает этого. В таких случаях, перед тем, как закрыть соединение, этот процесс пытается передать сообщение с ошибкой или уведомлением, в котором будет указана причина отключения.

Другие сценарии завершения возникают с различными вариантами отказа, например, при критическом сбое с дампом памяти на одной или другой стороне, при потере канала соединения, потере синхронизации по границам сообщений и т. д. Если клиент или сервер обнаруживает, что соединение было неожиданно закрыто, он должен очистить ресурсы и завершиться. Клиент при этом может запустить новый обслуживающий процесс, переподключившись к серверу, если он сам хочет продолжать работу. Закрывать соединение также рекомендуется при получении сообщений нераспознанного типа, так как это может быть признаком потери синхронизации по границам сообщений.

При штатном или нештатном завершении сеанса любая открытая транзакция откатывается, а не фиксируется. Однако следует заметить, что при отключении клиента в процессе обработки запроса, отличного от `SELECT`, обслуживающий процесс вероятнее всего завершит запрос, прежде чем заметит отключение. Если запрос выполняется не в блоке транзакции (вне последовательности `BEGIN ... COMMIT`), его результаты могут быть зафиксированы до того, как будет обнаружено отключение.

53.2.9. Защита сеанса с SSL

Если PostgreSQL был собран с поддержкой SSL, взаимодействие клиента с сервером может быть зашифровано с применением SSL. Это обеспечивает защиту на уровне канала в среде, где злоумышленники могут перехватить трафик сеанса. За дополнительными сведениями о шифровании трафика сеансов PostgreSQL с использованием SSL, обратитесь к Разделу 18.9.

Чтобы начать сеанс с SSL-шифрованием, клиент передаёт серверу вместо `StartupMessage` сообщение `SSLRequest`. В ответ сервер передаёт один байт, содержащий символ `S` или `N`, показывающий, что он желает, либо не желает включать SSL, соответственно. Если клиент не удовлетворён ответом, он должен закрыть соединение на этом этапе. Чтобы продолжить установление соединения после получения `S`, он выполняет начальное согласование SSL с сервером (не описывается здесь, так как относится к протоколу SSL). Если эта процедура выполняется успешно, он продолжает соединение, передавая обычное сообщение `StartupMessage`. При этом `StartupMessage` и все последующие данные будут защищены SSL-шифрованием. Чтобы продолжить после получения `N`, клиент может передать обычное сообщение `StartupMessage` и дальше взаимодействовать с сервером без шифрования.

Клиент также должен быть готов обработать сообщение `ErrorMessage`, полученное от сервера в ответ на `SSLRequest`. Такая ситуация возможна, только если сервер имеет версию, которая ещё не поддерживала SSL в PostgreSQL. (Такие серверы сейчас антикварная редкость, и скорее всего их уже не встретить в природе.) В этом случае соединение должно быть закрыто, но клиент может решить открыть новое соединение, не запрашивая SSL-шифрование.

Начальный запрос `SSLRequest` может также передаваться при установлении соединения, открываемого для передачи сообщения `CancelRequest`.

Так как в самом протоколе не предусмотрено принудительное включение SSL-шифрования сервером, администратор может настроить сервер так, чтобы в качестве дополнительного условия при проверке подлинности клиента он не принимал незашифрованные сеансы.

53.3. Аутентификация SASL

SASL — это инфраструктура аутентификации для протоколов, ориентированных на соединения. На данный момент PostgreSQL реализует два механизма SASL: SCRAM-SHA-256 и SCRAM-SHA-256-PLUS, а в будущем могут появиться и другие. Далее описывается, как в принципе осуществляется аутентификация SASL, а в следующем подразделе более подробно рассматриваются SCRAM-SHA-256 и SCRAM-SHA-256-PLUS.

Поток сообщений аутентификации SASL

1. Чтобы начать обмен по схеме аутентификации SASL, сервер передаёт сообщение `AuthenticationSASL`. Оно содержит список механизмов аутентификации SASL, с которыми может работать сервер, в порядке предпочтений сервера.
2. Клиент выбирает один из поддерживаемых механизмов из списка и передаёт серверу сообщение `SASLInitialResponse`. Это сообщение содержит имя выбранного механизма и может содержать «Начальный ответ клиента», если это использует выбранный механизм.
3. За этим следует одно или нескольких сообщений вызова со стороны сервера и ответов со стороны клиента. Все вызовы сервер передаёт в сообщениях `AuthenticationSASLContinue`, а клиент отвечает на них сообщениями `SASLResponse`. Частные детали сообщений зависят от конкретного механизма.
4. Наконец, когда обмен аутентификационной информацией заканчивается успешно, сервер передаёт сообщение `AuthenticationSASLFinal` и сразу за ним сообщение `AuthenticationOk`. В сообщении `AuthenticationSASLFinal` передаются дополнительные данные от сервера клиенту, содержимое которых определяется выбранным механизмом аутентификации. Если механизм аутентификации не требует передавать дополнительные данные в завершение обмена, сообщение `AuthenticationSASLFinal` опускается.

В случае ошибки сервер может прервать процесс аутентификации на любом этапе и передать сообщение `ErrorMessage`.

53.3.1. Аутентификация SCRAM-SHA-256

На данный момент реализованы два механизма SASL: SCRAM-SHA-256 и его вариация со связыванием каналов, SCRAM-SHA-256-PLUS. Они подробно описываются в RFC 7677 и в RFC 5802.

Когда в PostgreSQL задействуется SCRAM-SHA-256, сервер игнорирует имя пользователя, которое клиент передаёт в `client-first-message`. Вместо этого используется имя, переданное ранее в стартовом сообщении. Согласно спецификации SCRAM, имя пользователя должно быть в UTF-8, но PostgreSQL поддерживает разные кодировки символов, и значит, имя пользователя PostgreSQL не всегда будет представимо в UTF-8.

В спецификации SCRAM говорится, что пароль также должен передаваться в UTF-8 и обрабатываться алгоритмом *SASLprep*. Однако PostgreSQL не требует, чтобы пароль представлялся в UTF-8. Когда устанавливается пароль пользователя, он обрабатывается алгоритмом *SASLprep* как пароль в UTF-8, вне зависимости от фактической кодировки. Однако, если он представлен недопустимой для UTF-8 последовательностью байтов либо содержит комбинации байтов UTF-8, которые не принимает алгоритм *SASLprep*, это не будет считаться ошибкой — при аутентификации будет использоваться исходный пароль, без обработки *SASLprep*. Это позволяет нормализовать пароли, представленные в UTF-8, и при этом использовать пароли не в UTF-8, а также не требует, чтобы система знала, в какой кодировке задан пароль.

Связывание каналов поддерживается в PostgreSQL при сборке с использованием SSL. Для SCRAM со связыванием каналов в качестве имени механизма SASL выбрано `SCRAM-SHA-256-PLUS`. PostgreSQL использует тип связывания `tls-server-end-point`.

В SCRAM без связывания каналов сервер выбирает случайное число, которое передаётся клиенту для смешивания с введённым пользователем паролем и получения передаваемого в ответ хеша. Хотя это препятствует повторному воспроизведению пароля в последующем сеансе, поддельный сервер между настоящим сервером и клиентом может прозрачно передать случайное число сервера и затем успешно пройти аутентификацию.

SCRAM со связыванием каналов позволяет предотвратить такие атаки посредника, подмешивая подпись сертификата сервера в передаваемый хеш пароля. Хотя поддельный сервер может повторить передачу сертификата настоящего сервера, у него не будет доступа к закрытому ключу, соответствующему этому сертификату, поэтому он не сможет подтвердить, что является его владельцем, и, как следствие, установить SSL-соединение.

Пример

1. Сервер передаёт сообщение `AuthenticationSASL`. Оно содержит список механизмов аутентификации SASL, с которыми может работать сервер. Этот список будет включать `SCRAM-SHA-256-PLUS` и `SCRAM-SHA-256`, если сервер собран с поддержкой SSL, а иначе — только последнее значение.
2. Клиент в ответ передаёт сообщение `SASLInitialResponse`, информирующее о выбранном механизме, `SCRAM-SHA-256` или `SCRAM-SHA-256-PLUS`. (Клиент волен выбрать любой механизм, но для большей безопасности следует выбирать вариацию со связыванием каналов, если он это поддерживает.) В поле «Начальный ответ клиента» это сообщение содержит данные SCRAM `client-first-message`. В `client-first-message` содержится тип связывания каналов, выбранный клиентом.
3. Сервер передаёт сообщение `AuthenticationSASLContinue`, содержащее данные SCRAM `server-first message`.
4. Клиент передаёт сообщение `SASLResponse`, содержащее данные SCRAM `client-final-message`.
5. Сервер передаёт сообщение `AuthenticationSASLFinal`, содержащее данные SCRAM `server-final-message`, и сразу за ним сообщение `AuthenticationOk`.

53.4. Протокол потоковой репликации

Чтобы инициировать потоковую репликацию, клиент передаёт в стартовом сообщении параметр `replication`. Логическое значение `true` (или `on`, `yes`, `1`) этого параметра указывает обслуживающему процессу перейти в режим передатчика данных физической репликации. В этом режиме вместо SQL-операторов клиент может выдавать только ограниченный набор команд репликации, показанный ниже.

Если параметр `replication` имеет значение `database`, обслуживающий процесс должен перейти в режим передатчика данных логической репликации. При этом выполняется подключение к базе данных, заданной в параметре `dbname`. В режиме логической репликации могут выполняться как команды репликации, показанные ниже, так и обычные SQL-команды.

В режиме передачи данных физической или логической репликации может использоваться только протокол простых запросов.

Для тестирования команд репликации вы можете установить соединение для репликации, запустив `psql` или другую программу на базе `libpq` со строкой подключения, включающей параметр `replication`, например так:

```
psql "dbname=postgres replication=database" -c "IDENTIFY_SYSTEM;"
```

Однако часто полезнее использовать `pg_receivewal` (для физической репликации) или `pg_recvlogical` (для логической).

Команды репликации записываются в журнал работы сервера, когда включён параметр `log_replication_commands`.

В режиме репликации принимаются следующие команды:

`IDENTIFY_SYSTEM`

Запрашивает идентификационные данные сервера. Сервер возвращает набор результатов с одной строкой, содержащей четыре поля:

`systemid (text)`

Уникальный идентификатор системы, идентифицирующий кластер. По нему можно определить, что базовая резервная копия, из которой инициализировался резервный сервер, получена из того же кластера.

`timeline (int4)`

Идентификатор текущей линии времени. Также полезен для того, чтобы убедиться, что резервный сервер согласован с главным.

`xlogpos (text)`

Текущее положение сохранённых данных в WAL. Позволяет узнать, с какой позиции в журнале предзаписи может начаться потоковая передача.

`dbname (text)`

Подключённая база данных или NULL.

`SHOW имя`

Запрашивает у сервера текущее значение параметра времени выполнения. Эта команда подобна SQL-команде `SHOW`.

имя

Имя параметра времени выполнения. Доступные параметры описаны в Главе 19.

`TIMELINE_HISTORY tli`

Запрашивает с сервера файл истории для линии времени *лин_врем*. Сервер возвращает набор результатов с одной строкой, содержащей два поля:

`filename (text)`

Имя файла с историей линии времени, например `00000002.history`.

`content (bytea)`

Содержимое файла с историей линией времени.

```
CREATE_REPLICATION_SLOT имя_слота [ TEMPORARY ] { PHYSICAL [ RESERVE_WAL ] | LOGICAL модуль_вывода [ EXPORT_SNAPSHOT | NOEXPORT_SNAPSHOT | USE_SNAPSHOT ] }
```

Создаёт слот физической или логической репликации. Слоты репликации описаны подробно в Подразделе 26.2.6.

имя_слота

Имя создаваемого слота. Заданное имя должно быть допустимым для слота репликации (см. Подраздел 26.2.6.1).

модуль_вывода

Имя модуля вывода, применяемого для логического декодирования (см. Раздел 49.6).

TEMPORARY

Это указание отмечает, что данный слот репликации является временным. Временные слоты не сохраняются на диске и автоматически удаляются при ошибке или завершении сеанса.

RESERVE_WAL

Указывает, что этот слот физической репликации резервирует WAL немедленно. Без этого указания WAL резервируется только при подключении клиента потоковой репликации.

EXPORT_SNAPSHOT

NOEXPORT_SNAPSHOT

USE_SNAPSHOT

Эти указания выбирают, что делать со снимком, создаваемым при инициализации логического слота. С указанием `EXPORT_SNAPSHOT`, подразумеваемым по умолчанию, этот снимок будет экспортироваться для использования в других сеансах. Это указание нельзя использовать внутри транзакции. С указанием `USE_SNAPSHOT` снимок будет использоваться для текущей транзакции, в которой выполняется команда. Это указание должно использоваться в транзакции, при этом команда `CREATE_REPLICATION_SLOT` должна быть первой в этой транзакции. Наконец, с `NOEXPORT_SNAPSHOT` снимок будет использоваться только для логического декодирования в обычном режиме, но ничего больше с ним делать нельзя.

В ответ на эту команду сервер передаст набор результатов с одной строкой, содержащей следующие поля:

`slot_name (text)`

Имя создаваемого слота репликации.

`consistent_point (text)`

Позиция в WAL, в которой слот достиг согласованного состояния. Это самая ранняя позиция, с которой может начаться трансляция через этот слот репликации.

`snapshot_name (text)`

Идентификатор снимка, экспортированного командой. Этот снимок действителен до тех пор, пока через это соединение не будет выполнена следующая команда или соединение не будет закрыто. Null, если созданный слот — физический.

`output_plugin (text)`

Имя модуля вывода, используемого созданным слотом репликации. Null, если созданный слот — физический.

```
START_REPLICATION [ SLOT имя_слота ] [ PHYSICAL ] XXX/XXX [ TIMELINE лин_врем ]
```

Указывает серверу начать потоковую передачу WAL, начиная с позиции `XXX/XXX` в WAL. Если указывается параметр `TIMELINE`, передача начинается на линии времени *лин_врем*, иначе вы-

бирается текущая линия времени сервера. Сервер может вернуть в ответ ошибку, например, если запрошенный сегмент WAL уже потерян. Если проблем не возникает, сервер возвращает сообщение `CopyBothResponse`, а затем начинает передавать поток WAL клиенту.

Если в параметрах передаётся *имя_слота*, сервер будет отражать состояние репликации в этом слоте и отслеживать, какие сегменты, а если включён режим `hot_standby_feedback`, то и в каких транзакциях, всё ещё нужны этому резервному серверу.

Если клиент запрашивает не последнюю, но существующую в истории сервера линию времени, сервер будет передавать весь WAL на этой линии времени, начиная с запрошенной стартовой точки до момента, когда сервер переключился на другую линию времени. Если клиент запрашивает передачу с начальной позицией точно в конце старой линии времени, сервер немедленно отвечает `CommandComplete`, не переходя в режим `COPY`.

После передачи всех записей WAL на линии времени, не являющейся текущей, сервер завершает потоковую передачу, выходя из режима копирования. Когда клиент подтверждает завершение передачи, также выходя из режима копирования, сервер возвращает набор результатов в одной строке с двумя столбцами, сообщая таким образом о следующей линии времени в истории сервера. В первом столбце передаётся идентификатор следующей линии времени (типа `int8`), а во втором — позиция в WAL, в которой произошло переключение (типа `text`). Обычно в этой же позиции завершается передача потока WAL, но возможны исключения, когда сервер может передавать записи WAL из старой линии времени, которые он сам ещё не воспроизвёл до переключения. Наконец сервер передаёт сообщение `CommandComplete`, после чего он готов принять следующую команду.

Данные WAL передаются в серии сообщений `CopyData`. (Это позволяет перемежать их с другой информацией; в частности, сервер может передать сообщение `ErrorResponse`, если он столкнулся с проблемами, уже начав передачу потока.) Полезная нагрузка каждого сообщения `CopyData` от сервера к клиенту содержит данные в одном из следующих форматов:

XLogData (B) — данные журнала транзакций

Byte1('w')

Указывает, что в этом сообщении передаются данные WAL.

Int64

Начальная точка данных WAL в этом сообщении.

Int64

Текущее положение конца WAL на сервере.

Int64

Показания системных часов сервера в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte_n

Фрагмент потока данных WAL.

Одна запись WAL никогда не разделяется на два сообщения XLogData. Когда запись WAL пересекает границу страницы WAL, и таким образом от неё уже оказывается отделена продолжающая запись, её можно разделить на сообщения по границе страницы. Другими словами, первая основная запись WAL и продолжающие её записи могут быть переданы в различных сообщениях XLogData.

Primary keepalive message (B) — Сообщение об активности ведущего

Byte1('k')

Указывает, что это сообщение об активности отправителя.

Int64

Текущее положение конца WAL на сервере.

Int64

Показания системных часов сервера в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte1

Значение 1 означает, что клиент должен ответить на это сообщение как можно скорее, во избежание отключения по тайм-ауту. Со значением 0 это не требуется.

Принимающий процесс может передавать ответы отправителю в любое время, используя один из следующих форматов данных (также в полезной нагрузке сообщения CopyData):

Standby status update (F) — Обновление состояния резервного сервера

Byte1('r')

Указывает, что это сообщение передаёт обновлённое состояние получателя.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, полученным и записанным на диск на резервном сервере.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, сохранённым на диске на резервном сервере.

Int64

Положение следующего за последним байтом WAL, применённым на резервном сервере.

Int64

Показания системных часов клиента в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Byte1

Если содержит 1, клиент запрашивает от сервера немедленный ответ на это сообщение. Так клиент может запросить отклик сервера и проверить, продолжает ли функционировать соединение.

Hot Standby feedback message (F) — Сообщение обратной связи горячего резерва

Byte1('h')

Указывает, что это сообщение обратной связи горячего резерва.

Int64

Показания системных часов клиента в момент передачи, в микросекундах с полуночи 2000-01-01.

Int32

Текущее глобальное значение xmin данного резервного сервера, не учитывающее catalog xmin всех слотов репликации. Если и это значение, и следующее catalog xmin, равны 0, это воспринимается как уведомление о том, что через данное подключение больше не будут передаваться сообщения обратной связи горячего резерва. Последующие ненулевые сообщения могут возобновить работу механизма обратной связи.

Int32

Эпоха глобального идентификатора транзакции xmin на резервном сервере.

Int32

Наименьшее значение catalog_xmin для всех слотов репликации на резервном сервере. Значение 0 показывает, что на резервном сервере нет catalog_xmin, либо обратная связь горячего резерва отключена.

Int32

Эпоха идентификатора транзакции catalog_xmin на резервном сервере.

START_REPLICATION SLOT *имя_слота* LOGICAL XXX/XXX [(*имя_параметра* [*значение_параметра*] [, ...])]

Указывает серверу начать потоковую передачу WAL для логической репликации, начиная с позиции XXX/XXX в WAL. Сервер может вернуть в ответ ошибку, например, если запрошенный сегмент WAL уже потерян. Если проблем не возникает, сервер возвращает сообщение CopyBothResponse, а затем начинает передавать поток WAL клиенту.

Данные, передаваемые внутри сообщений CopyBothResponse, имеют тот же формат, что описан для команды START_REPLICATION ... PHYSICAL.

Обработку выводимых данных для передачи выполняет модуль вывода, связанный с выбранным слотом.

SLOT *имя_слота*

Имя слота, из которого передаются изменения. Это имя является обязательным, оно должно соответствовать существующему логическому слоту репликации, созданному командой CREATE_REPLICATION_SLOT в режиме LOGICAL.

XXX/XXX

Позиция в WAL, с которой должна начаться передача.

имя_параметра

Имя параметра, передаваемого модулю логического декодирования для выбранного слота.

значение_параметра

Необязательное значение, в форме строковой константы, связываемое с указанным параметром.

DROP_REPLICATION_SLOT *имя_слота* [WAIT]

Удаляет слот репликации, что приводит к освобождению всех занятых им ресурсов на стороне сервера. Если слот представляет собой логический слот, созданный не в той базе данных, к которой подключён walsender, команда завершается ошибкой.

имя_слота

Имя слота, подлежащего удалению.

WAIT

С этим указанием команда будет ждать, пока активный слот не станет неактивным (по умолчанию в этом случае выдаётся ошибка).

BASE_BACKUP [LABEL '*метка*'] [PROGRESS] [FAST] [WAL] [NOWAIT] [MAX_RATE *rate*] [TABLESPACE_MAP] [NOVERIFY_CHECKSUMS]

Указывает серверу начать потоковую передачу базовой копии. Система автоматически переходит в режим резервного копирования до начала передачи, и выходит из него после завершения копирования. Эта команда принимает следующие параметры:

`LABEL 'метка'`

Устанавливает метку для резервной копии. Если метка не задана, по умолчанию устанавливается метка `base backup`. Для метки действуют те же правила применения кавычек, что и для стандартных строк SQL при включённом режиме `standard_conforming_strings`.

`PROGRESS`

Запрашивает информацию, необходимую для отслеживания прогресса операции. Сервер передаёт в ответ приблизительный размер в заголовке каждого табличного пространства, исходя из которого можно понять, насколько продвинулась передача потока. Для вычисления этого размера анализируются размеры всех файлов ещё до начала передачи, и это может негативно повлиять на производительность — в частности, может увеличиться задержка до передачи первых данных. Так как файлы базы данных могут меняться во время резервного копирования, оценка размера не будет точной; размер базы может увеличиться или уменьшиться за время от вычисления этой оценки до передачи актуальных файлов.

`FAST`

Запрашивает быструю контрольную точку.

`WAL`

Включает в резервную копию необходимые сегменты WAL. При этом в подкаталог `pg_wal` архива базового каталога будут включены все файлы с начала до конца копирования.

`NOWAIT`

По умолчанию при копировании ожидается завершение архивации последнего требуемого сегмента WAL либо выдаётся предупреждение, если архивация журнала не включена. Указание `NOWAIT` отключает и ожидание, и предупреждение, так что обеспечение наличия требуемого журнала становится задачей клиента.

`MAX_RATE` *скорость*

Ограничивает (сдерживает) максимальный объём данных, передаваемый от сервера клиенту за единицу времени. Единица измерения этого параметра — килобайты в секунду. Если задаётся этот параметр, его значение должно быть равно нулю, либо должно находиться в диапазоне от 32 (килобайт/сек) до 1 Гбайта/сек (включая границы). Если передаётся ноль, либо параметр не задаётся, скорость передачи не ограничивается.

`TABLESPACE_MAP`

Включает информацию о символических ссылках, представленных в каталоге `pg_tblspc`, в файл `tablespace_map`. Файл карты табличных пространств содержит имена всех ссылок, содержащихся в каталоге `pg_tblspc/`, и полный путь для каждой ссылки.

`NOVERIFY_CHECKSUMS`

По умолчанию контрольные суммы проверяются в процессе базового резервного копирования, если они включены. Указание `NOVERIFY_CHECKSUMS` отключает эту проверку.

Когда запускается копирование, сервер сначала передаёт два обычных набора результатов, за которыми следуют один или более результатов `CopyResponse`.

В первом обычном наборе результатов передаётся начальная позиция резервной копии, в одной строке с двумя столбцами. В первом столбце содержится стартовая позиция в формате `XLogRecPtr`, а во втором идентификатор соответствующей линии времени.

Во втором обычном наборе результатов передаётся по одной строке для каждого табличного пространства. Эта строка содержит следующие поля:

`spcoid` (`oid`)

OID табличного пространства либо `NULL`, если это базовый каталог.

`spclocation (text)`

Полный путь к каталогу табличного пространства либо NULL, если это базовый каталог.

`size (int8)`

Приблизительный размер табличного пространства, если была запрошена информация о прогрессе операции; в противном случае NULL.

За вторым обычным набором результатов следует одна или несколько серий результатов `CopyResponse`, одна для основного каталога данных и по одной для каждого табличного пространства, отличного от `pg_default` и `pg_global`. Данные в `CopyResponse` представляют собой выгруженное в формате `tar` («формате обмена `ustar`», описанном в стандарте POSIX 1003.1-2008) содержимое табличных пространств, за исключением того, что два замыкающих блока нулей, описанных в стандарте, не передаются. После завершения передачи данных `tar` передаётся заключительный обычный набор результатов, в котором сообщается конечная позиция копии в WAL, в том же формате, что и стартовая позиция.

Архив `tar` каталога данных и всех табличных пространств будет содержать все файлы в этих каталогах, будь то файлы PostgreSQL или посторонние файлы, добавленные в эти каталоги. Исключение составляют только следующие файлы:

- `postmaster.pid`
- `postmaster.opts`
- `pg_internal.init` (находится в нескольких каталогах)
- Различные временные файлы и каталоги, создаваемые в процессе работы сервером PostgreSQL, в частности, файлы и каталоги с именами, начинающимися с `pgsql_tmp`, и временные отношения.
- Нежурналируемые отношения, за исключением слоя инициализации, который необходим при восстановлении для пересоздания нежурналируемого отношения (пустого).
- `pg_wal`, включая подкаталоги. Если в резервную копию включаются файлы WAL, в архив входит преобразованная версия `pg_wal`, в которой будут находиться только файлы, необходимые для восстановления копии, но не всё остальное содержимое этого каталога
- `pg_dynshmem`, `pg_notify`, `pg_replslot`, `pg_serial`, `pg_snapshots`, `pg_stat_tmp` и `pg_subtrans` копируются как пустые каталоги (даже если это символические ссылки)
- файлы, кроме обычных файлов и каталогов, например, символические ссылки (кроме вышеупомянутых каталогов) и файлы специальных устройств, пропускаются (символические ссылки в `pg_tblspc` сохраняются).

Если файловая система сервера поддерживает это, в архив включается информация о владельце, группе и режиме файла.

53.5. Протокол логической потоковой репликации

В этом разделе описывается протокол логической репликации, регламентирующий поток сообщений, который запускается командой репликации `START_REPLICATION SLOT имя_слота LOGICAL`.

Протокол логической потоковой репликации построен на примитивах протокола физической потоковой репликации.

53.5.1. Параметры протокола логической потоковой репликации

Команда логической репликации `START_REPLICATION` принимает следующие параметры:

`proto_version`

Версия протокола. В настоящее время поддерживается только версия 1.

`publication_names`

Список разделённых запятыми имён публикаций, на которые подписывается клиент (будет получать их изменения). Имена отдельных публикаций обрабатываются как стандартные имена объектов и могут так же заключаться в кавычки при необходимости.

53.5.2. Сообщения протокола логической репликации

Отдельные сообщения протокола рассматриваются в следующих подразделах. Собственно сообщения описаны в Раздел 53.9.

Все сообщения верхнего уровня начинаются с байта, определяющего тип сообщения. Хотя он представлен в коде символьным типом, это знаковый байт без явно заданной кодировки.

Так как в протоколе потоковой репликации передаётся длина сообщения, нет необходимости указывать длину в заголовках сообщений верхнего уровня.

53.5.3. Поток сообщений протокола логической репликации

За исключением команды `START_REPLICATION` и сообщений о прогрессе воспроизведения, весь информационный поток направлен от сервера к клиенту.

Протокол логической репликации передаёт отдельные транзакции одну за другой. Это значит, что все сообщения между парой сообщений `Begin` и `Commit` относятся к одной транзакции.

Каждая передаваемая транзакция содержит ноль или более сообщений DML (`Insert`, `Update`, `Delete`). В каскадной схеме она может также содержать сообщения `Origin`. Это сообщение показывает, что транзакция пришла с другого узла в схеме репликации. Так как этим узлом в контексте протокола логической репликации может быть что угодно, единственным идентификатором является его имя. Как воспринимать это имя (если это вообще нужно), определяют нижестоящие узлы. Сообщение `Origin` всегда передаётся перед всеми остальными сообщениями DML в транзакции.

Каждое DML-сообщение содержит произвольный идентификатор отношения, который можно сопоставить с идентификатором в сообщениях `Relation`. Сообщения `Relation` описывают схему данного отношения. Такие сообщения передаются для заданного отношения либо когда нужно впервые передать DML-сообщения для этого отношения в текущем сеансе, либо когда определение отношения изменилось со времени предыдущей передачи сообщения `Relation` о нём. В протоколе предполагается, что клиент сможет кешировать метаданные для достаточно большого числа отношений.

53.6. Типы данных в сообщениях

В этом разделе описываются базовые типы данных, применяемые в сообщениях.

`Int $n$ ( $i$ )`

Целое число из n бит с сетевым порядком байт (наиболее значащий байт первый). Если указано i , это поле будет содержать именно указанное значение, в противном случае значение переменное. Например: `Int16`, `Int32(42)`.

`Int $n$ [ $k$ ]`

Массив из k n -битовых целых, каждое записывается с сетевым порядком байт. Длина массива k всегда определяется по предыдущему полю сообщения, например `Int16[M]`.

`String( $s$ )`

Строка, оканчивающаяся нулём (строка в стиле C). На длину строк ограничение не накладывается. Если указывается s , это поле будет содержать именно указанное значение, в противном случае значение переменное. Например: `String`, `String("user")`.

Примечание

Нет никакого предопределённого ограничения длины строки, которую может вернуть сервер. Поэтому при реализации клиента лучше использовать расширяемый буфер, чтобы он мог принять строку любого размера, уместящуюся в памяти. Если такой возможности нет, прочитайте строку целиком и отбросьте последние символы, не помещающиеся в ваш буфер фиксированного размера.

Byte n (c)

В точности n байт. Если размер поля n задаётся не константой, он всегда определяется по предыдущему полю сообщения. Если указывается c , оно задаёт точное значение. Например: Byte2, Byte1('\n').

53.7. Форматы сообщений

В этом разделе подробно описывается формат каждого сообщения. Все сообщения помечены символами, обозначающими, какая сторона может их передавать: сервер (F), клиент (B) или обе стороны (F & B). Заметьте, что хотя каждое сообщение включает счётчик байт в начале, формат сообщения разработан так, чтобы конец сообщения можно было найти, не обращаясь к счётчику байт. Это помогает проверять корректность сообщений. (Исключением является сообщение CopyData, так как оно образует часть потока данных; содержимое любого отдельного сообщения CopyData нельзя интерпретировать само по себе.)

AuthenticationOk (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(0)

Показывает, что проверка подлинности прошла успешно.

AuthenticationKerberosV5 (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(2)

Указывает, что требуется проверка подлинности по протоколу Kerberos V5.

AuthenticationCleartextPassword (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(3)

Указывает, что требуется пароль, передаваемый открытым текстом.

AuthenticationMD5Password (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(12)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(5)

Указывает, что требуется пароль, преобразованный в хеш MD5.

Byte4

Значение соли, с которым должен хешироваться пароль.

AuthenticationSCMCredential (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(6)

Указывает, что требуется сообщение с учётными данными SCM.

AuthenticationGSS (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(7)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе GSSAPI.

AuthenticationSSPI (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(9)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе SSPI.

AuthenticationGSSContinue (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(8)

Указывает, что это сообщение содержит данные GSSAPI или SSPI.

Byte_n

Данные аутентификации для GSSAPI или SSPI.

AuthenticationSASL (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(10)

Указывает, что требуется проверка подлинности на базе SASL.

Тело сообщения содержит список механизмов аутентификации SASL, в порядке предпочтений сервера. За последним именем механизма аутентификации должен идти завершающий нулевой байт. Для каждого механизма передаётся:

String

Имя механизма аутентификации SASL.

AuthenticationSASLContinue (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(11)

Указывает, что это сообщение содержит данные вызова SASL.

Byte_n

Данные SASL, специфичные для применяемого механизма SASL.

AuthenticationSASLFinal (B)

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение представляет запрос аутентификации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(12)

Указывает, что аутентификация SASL завершена.

Byte_n

«Дополнительные данные» результата SASL, специфичные для применяемого механизма SASL.

BackendKeyData (B)

Byte1('K')

Указывает, что это сообщение содержит ключевые данные для отмены запросов. Клиент должен сохранить эти данные, если ему нужна возможность впоследствии выдавать сообщения CancelRequest.

Int32(12)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

PID обслуживающего процесса.

Int32

Секретный ключ обслуживающего процесса.

Bind (F)

Byte1('B')

Указывает, что это сообщение представляет команду Bind.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя целевого портала (пустая строка выбирает безымянный портал).

String

Имя исходного подготовленного оператора (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор).

Int16

Количество кодов форматов следующих параметров (обозначается ниже символом *c*). Может быть нулевым, что показывает, что параметры отсутствуют или все параметры передаются в формате по умолчанию (текстовом); либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем параметрам; либо может равняться действительному количеству параметров.

Int16[*c*]

Коды форматов параметров. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

Int16

Количество следующих значений параметров (может быть нулевым). Оно должно совпадать с количеством параметров, требующихся для запроса.

Затем для каждого параметра идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения параметра, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte_{*n*}

Значение параметра в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

За последним параметром идут следующие поля:

Int16

Количество кодов формата для следующих столбцов результата (обозначается ниже символом *R*). Может быть нулевым, что показывает, что столбцы результата отсутствуют или для всех столбцов должен использоваться формат по умолчанию (текстовый), либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем столбцам (если они есть), либо может равняться действительному количеству столбцов результата запроса.

Int16[*R*]

Коды форматов столбцов результата. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

BindComplete (B)

Byte1('2')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Bind.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CancelRequest (F)

Int32(16)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(80877102)

Код запроса отмены. Это специально выбранное значение содержит 1234 в старших 16 битах и 5678 в младших 16 битах. (Во избежание неоднозначности этот код не должен совпадать с номером версии протокола.)

Int32

PID целевого обслуживающего процесса.

Int32

Секретный ключ целевого обслуживающего процесса.

Close (F)

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение представляет команду Close.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

'S' для закрытия подготовленного оператора, 'P' для закрытия портала.

String

Имя подготовленного оператора или портала, который должен быть закрыт (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор или портал).

CloseComplete (B)

Byte1('3')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Close.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CommandComplete (B)

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение об успешном завершении команды.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Тег команды. Обычно это одно слово, обозначающее завершённую команду SQL.

Для команды `INSERT` в качестве тега передаётся `INSERT oid строк`, где *строк* — количество вставленных строк. В поле *oid* передаётся идентификатор объекта вставленной строки, если число *строк* равно 1 и в целевой таблице содержатся OID; в противном случае вместо *oid* передаётся 0.

Для команды `DELETE` в качестве тега передаётся `DELETE строк`, где *строк* — количество удалённых строк.

Для команды `UPDATE` в качестве тега передаётся `UPDATE строк`, где *строк* — количество изменённых строк.

Для команды `SELECT` или `CREATE TABLE AS` в качестве тега передаётся `SELECT строк`, где *строк* — число полученных строк.

Для команды `Merge` в качестве тега передаётся `Merge строк`, где *строк* — количество строк, на которое изменилась позиция курсора.

Для команды `Fetch` в качестве тега передаётся `Fetch строк`, где *строк* — количество строк, полученное через курсор.

Для команды `Copy` в качестве тега передаётся `Copy строк`, где *строк* — количество скопированных строк. (Заметьте: число строк выводится, начиная только с PostgreSQL 8.2.)

CopyData (F & B)

Byte1('d')

Указывает, что в этом сообщении передаются данные `Copy`.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte*n*

Данные, образующие часть информационного потока `Copy`. Сообщения от сервера всегда соответствуют отдельным строкам данных, но сообщения, передаваемые клиентами, могут разделять поток произвольным образом.

CopyDone (F & B)

Byte1('c')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении `Copy`.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

CopyFail (F)

Byte1('f')

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее об ошибке операции `Copy`.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Сообщение об ошибке, описывающее причину сбоя операции.

CopyInResponse (B)

Byte1('G')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск входящего копирования. Получив его, клиент начинает передавать данные на вход операции копирования (если клиент не готов к этому, он передаёт сообщение CopyFail).

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции COPY применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[*N*]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

CopyOutResponse (B)

Byte1('H')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск исходящего копирования. За этим сообщением следуют данные, исходящие со стороны сервера.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции COPY применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[*N*]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

CopyBothResponse (B)

Byte1('W')

Указывает, что это сообщение является ответом на запуск двустороннего копирования. Это сообщение используется только для потоковой репликации.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int8

Значение 0 указывает, что для всей операции COPY применяется текстовый формат (строки разделяются символами новой строки, столбцы разделяются символами-разделителями и т. д.). Значение 1 указывает, что для всей операции копирования применяется двоичный формат (подобный формату DataRow). За дополнительными сведениями обратитесь к COPY.

Int16

Количество столбцов в копируемых данных (ниже обозначается символом *N*).

Int16[N]

Коды формата для каждого столбца. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). Если общий формат копирования — текстовый, все эти коды должны быть нулевыми.

DataRow (B)**Byte1('D')**

Указывает, что в этом сообщении передаётся строка данных.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Количество последующих значений столбцов (может быть нулевым).

Затем для каждого столбца идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения столбца, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte_n

Значение столбца в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

Describe (F)**Byte1('D')**

Указывает, что это сообщение представляет команду Describe.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

'S' для получения описания подготовленного оператора, 'P' — портала.

String

Имя подготовленного оператора или портала, описание которого запрашивается (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор или портал).

EmptyQueryResponse (B)**Byte1('I')**

Указывает, что это сообщение является ответом на пустую строку запроса. (Это сообщение заменяет CommandComplete.)

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

ErrorResponse (B)

Byte1('E')

Указывает, что это сообщение ошибки.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Тело сообщения состоит из одного или нескольких определённых полей, за которыми в качестве завершающего следует нулевой байт. Поля могут идти в любом порядке. Для каждого поля передаётся:

Byte1

Код, задающий тип поля; ноль обозначает конец сообщения, после которого ничего нет. Типы полей, определённые в настоящее время, перечислены в Разделе 53.8. Так как в будущем могут появиться другие типы полей, клиенты должны просто игнорировать поля нераспознанного типа.

String

Значение поля.

Execute (F)

Byte1('E')

Указывает, что это сообщение представляет команду Execute.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя портала, подлежащего выполнению (пустая строка выбирает безымянный портал).

Int32

Максимальное число строк, которое должно быть возвращено, если портал содержит запрос, возвращающий строки (в противном случае игнорируется). Ноль означает «без ограничения».

Flush (F)

Byte1('H')

Указывает, что это сообщение представляет команду Flush.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

FunctionCall (F)

Byte1('F')

Указывает, что это сообщение представляет вызов функции.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Задаёт идентификатор объекта вызываемой функции.

Int16

Количество кодов форматов следующих аргументов (обозначается ниже символом *c*). Может быть нулевым, что показывает, что аргументы отсутствуют или все аргументы передаются в формате по умолчанию (текстовом); либо равняться одному, в этом случае указанный один код формата применяется ко всем аргументами, либо может равняться действительному количеству аргументов.

Int16[*c*]

Коды форматов аргументов. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

Int16

Задаёт число аргументов, передаваемых функции.

Затем для каждого аргумента идёт следующая пара полей:

Int32

Длина значения аргумента, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значений далее не следуют.

Byte_{*n*}

Значение аргумента, в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

За последним аргументом идут следующие поля:

Int16

Код формата результата функции. В настоящее время допускается код ноль (текстовый формат) и один (двоичный).

FunctionCallResponse (B)

Byte1('V')

Указывает, что в этом сообщении передаётся результат вызова функции.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Длина значения результата функции, в байтах (само поле длины не считается). Может быть нулевой. В качестве особого значения, -1 представляет значение NULL. В случае с NULL никакие байты значения далее не следуют.

Byte_{*n*}

Значение результата функции в формате, определённом соответствующим кодом формата. Переменная *n* задаёт длину значения.

GSSResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как ответ GSSAPI или SSPI. Заметьте, что оно также применяется для ответов SASL и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte_n

Данные сообщения, специфичные для GSSAPI/SSPI.

NegotiateProtocolVersion (B)

Byte1('v')

Указывает, что это сообщение согласования версии протокола.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

Новейшая младшая версия протокола, поддерживаемая сервером, для запрошенной клиентом старшей версии.

Int32

Число параметров протокола, не принятых сервером.

Затем для параметров протокола, не принятых сервером, передаётся:

String

Имя параметра.

NoData (B)

Byte1('n')

Указывает, что это сообщение сигнализирует об отсутствии данных.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

NoticeResponse (B)

Byte1('N')

Указывает, что это сообщение представляет замечание.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Тело сообщения состоит из одного или нескольких определённых полей, за которыми в качестве завершающего следует нулевой байт. Поля могут идти в любом порядке. Для каждого поля передаётся:

Byte1

Код, задающий тип поля; ноль обозначает конец сообщения, после которого ничего нет. Типы полей, определённые в настоящее время, перечислены в Разделе 53.8. Так как в будущем могут появиться другие типы полей, клиенты должны просто игнорировать поля нераспознанного типа.

String

Значение поля.

NotificationResponse (B)

Byte1('A')

Указывает, что это сообщение представляет уведомление.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32

PID обслуживающего процесса, отправляющего уведомление.

String

Имя канала, для которого было выдано уведомление.

String

Строка «сообщения», сопровождающего уведомление.

ParameterDescription (B)

Byte1('t')

Указывает, что это сообщение представляет описание параметра.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Количество параметров для оператора (может быть нулевым).

Затем для каждого параметра передаётся:

Int32

Задаёт идентификатор объекта типа данных параметра.

ParameterStatus (B)

Byte1('S')

Указывает, что в этом сообщении передаётся состояние параметра времени выполнения.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя параметра времени выполнения, состояние которого передаётся.

String

Текущее значение параметра.

Parse (F)

Byte1('P')

Указывает, что это сообщение представляет команду Parse.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя целевого подготовленного оператора (пустая строка выбирает безымянный подготовленный оператор).

String

Строка запроса, которая должна быть разобрана.

Int16

Количество типов параметров (может быть нулевым). Заметьте, что это значение представляет не число параметров, которые могут фигурировать в строке запроса, а число параметров, для которых клиент хочет предопределить типы.

Затем для каждого параметра передаётся:

Int32

Задаёт идентификатор объекта типа данных параметра. Указание нулевого значения равносильно отсутствию указания типа.

ParseComplete (B)**Byte1('1')**

Указывает, что это сообщение, сигнализирующее о завершении Parse.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

PasswordMessage (F)**Byte1('p')**

Обозначает это сообщение как ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и SASL. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Пароль (зашифрованный, если требуется).

PortalSuspended (B)**Byte1('s')**

Указывает, что это сообщение сигнализирует о приостановке портала. Заметьте, что оно выдаётся только при достижении ограничения числа строк, заданного в сообщении Execute.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Query (F)**Byte1('Q')**

Указывает, что это сообщение представляет простой запрос.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Собственно строка запроса.

ReadyForQuery (B)**Byte1('Z')**

Определяет тип сообщения. Сообщение ReadyForQuery передаётся, когда сервер готов к новому циклу запросов.

Int32(5)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte1

Индикатор текущего состояния транзакции на сервере. Возможные значения: 'I', транзакция неактивна (вне блока транзакции), 'T' в блоке транзакции, либо 'E' в блоке прерванной транзакции (запросы не будут обрабатываться до завершения блока).

RowDescription (B)

Byte1('T')

Указывает, что это сообщение представляет описание строки.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int16

Задаёт количество полей в строке (может быть нулевым).

Затем для каждого поля передаётся:

String

Имя поля.

Int32

Если поле связано со столбцом определённой таблицы, идентификатор объекта этой таблицы; в противном случае — ноль.

Int16

Если поле связано со столбцом определённой таблицы, номер атрибута для этого столбца; в противном случае — ноль.

Int32

Идентификатор объекта типа данных поля.

Int16

Размер типа данных (см. `pg_type.typelen`). Заметьте, что отрицательные значения показывают, что тип имеет переменную длину.

Int32

Модификатор типа (см. `pg_attribute.atttypmod`). Смысл этого модификатора зависит от типа.

Int16

Код формата, используемого для поля. В настоящее время допускаются коды ноль (текстовый формат) и один (двоичный). В сообщении RowDescription, возвращаемом вариацией Describe для оператора, код формата ещё не известен и всегда будет нулевым.

SASLInitialResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как начальный ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения определяется из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

String

Имя механизма аутентификации SASL, выбранного клиентом.

Int32

Длина последующего сообщения «Начальный ответ клиента», специфичного для механизма SASL, или -1, если начального ответа нет.

Byte_n

«Начальный ответ», специфичный для механизма SASL.

SASLResponse (F)

Byte1('p')

Обозначает это сообщение как ответ SASL. Заметьте, что оно также применяется для ответов GSSAPI, SSPI и при аутентификации по паролю. Точный тип сообщения можно определить из контекста.

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Byte_n

Данные сообщения, специфичные для механизма SASL.

SSLRequest (F)

Int32(8)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(80877103)

Код запроса SSL. Это специально выбранное значение содержит 1234 в старших 16 битах и 5679 в младших 16 битах. (Во избежание неоднозначности этот код не должен совпадать с номером версии протокола.)

StartupMessage (F)

Int32

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Int32(196608)

Номер версии протокола. В старших 16 битах задаётся старший номер версии (3 для протокола, описываемого здесь). В младших 16 битах задаётся младший номер версии (0 для протокола, описываемого здесь).

За номером версии протокола следует одна или несколько пар из имени параметра и строки значения. За последней парой имя/значение должен следовать нулевой байт. Передаваться параметры могут в любом порядке. Обязательным является только параметр `user`, остальные могут отсутствовать. Каждый параметр задаётся так:

String

Имя параметра. В настоящее время принимаются имена:

`user`

Имя пользователя баз данных, с которым выполняется подключение. Является обязательным, значения по умолчанию нет.

database

База данных, к которой выполняется подключение. По умолчанию подставляется имя пользователя.

options

Аргументы командной строки для обслуживающего процесса. (Этот способ считается устаревшим; теперь следует устанавливать отдельные параметры времени выполнения.) Пробелы в этой строке воспринимаются как разделяющие аргументы, если перед ними нет обратной косой черты (\); чтобы представить обратную косую черту буквально, продублируйте её (\\).

replication

Используется для подключения в режиме потоковой репликации, в котором вместо операторов SQL может выполняться небольшой набор команд репликации. Допустимые значения: `true`, `false` (по умолчанию) и `database`. За подробностями обратитесь к Разделу 53.4.

В дополнение к ним могут задаваться и другие параметры. Имена параметров, начинающиеся с `_pq_.`, резервируются для использования в расширениях протокола, а остальные воспринимаются как параметры времени выполнения, передаваемые во время запуска серверному процессу. Такие параметры будут применяться при запуске серверного процесса (после разбора аргументов командной строки, если они есть) и будут действовать как параметры сеанса по умолчанию.

String

Значение параметра.

Sync (F)

Byte1('S')

Указывает, что это сообщение представляет команду Sync.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

Terminate (F)

Byte1('X')

Указывает, что это сообщение завершает сеанс.

Int32(4)

Длина содержимого сообщения в байтах, включая само поле длины.

53.8. Поля сообщений с ошибками и замечаниями

В этом разделе описываются поля, которые могут содержаться в сообщениях `ErrorResponse` и `NoticeResponse`. Для каждого типа поля определён свой идентификационный маркер. Заметьте, что в сообщении может содержаться поле любого из этих типов, но не больше одного раза.

S

Важность: поле содержит `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке), либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении с замечанием), либо переведённые значения (ОШИБКА, ВАЖНО, ПАНИКА, ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, ЗАМЕЧАНИЕ, ОТЛАДКА, ИНФОРМАЦИЯ, СООБЩЕНИЕ, соответственно). Это поле присутствует всегда.

V

Важность: поле содержит `ERROR`, `FATAL` или `PANIC` (в сообщении об ошибке) либо `WARNING`, `NOTICE`, `DEBUG`, `INFO` или `LOG` (в сообщении с замечанием). Это поле подобно `S`, но его содержимое никогда не переводится. Присутствует только в сообщениях, выдаваемых PostgreSQL версии 9.6 и новее.

C

Код: код `SQLSTATE` выданной ошибки (см. Приложение А). Не переводится на другие языки, присутствует всегда.

M

Сообщение: основное сообщение об ошибке, предназначенное для человека. Должно быть точным, но кратким (обычно в одну строку). Присутствует всегда.

D

Необязательное дополнительное сообщение об ошибке, передающее более детальную информацию о проблеме. Может занимать несколько строк.

H

Подсказка: необязательное предложение решения проблемы. Оно должно отличаться от подробного описания тем, что предлагает совет (не обязательно подходящий во всех случаях), а не сухие факты. Может располагаться в нескольких строках.

P

Позиция: значение поля представляет целочисленное число в ASCII, указывающее на положение ошибки в исходной строке запроса. Первый символ находится в позиции 1, при этом позиции отсчитываются по символам, а не по байтам.

p

Внутренняя позиция: она определяется так же, как поле `P`, но отражает положение ошибки во внутренне сгенерированной команде, а не в строке, переданной клиентом. Вместе с этим полем всегда присутствует поле `q`.

q

Внутренний запрос: текст внутренне сгенерированной команды, в которой произошла ошибка. Это может быть, например, SQL-запрос, выполняемый функцией на PL/pgSQL.

W

Где: указывает на контекст, в котором произошла ошибка. В настоящее время включает трассировку стека вызовов текущей функции на процедурном языке и внутренне сгенерированных запросов. Записи трассировки разделяются по строкам, вначале последняя.

S

Имя схемы: если ошибка связана с некоторым объектом базы данных, это поле содержит имя схемы, к которой относится объект (если такая есть).

t

Имя таблицы: если ошибка связана с некоторой таблицей, это поле содержит имя таблицы. (Узнать имя схемы таблицы можно из соответствующего отдельного поля.)

c

Имя столбца: если ошибка связана с некоторым столбцом таблицы, это поле содержит имя столбца. (Идентифицировать таблицу можно, обратившись к полям, содержащим имя таблицы и схемы.)

d

Имя типа данных: если ошибка связана с некоторым типом данных, это поле содержит имя типа. (Узнать имя схемы типа можно из соответствующего поля.)

n

Имя ограничения: если ошибка связана с некоторым ограничением, это поле содержит имя ограничения. Чтобы узнать, к какой таблице или домену она относится, обратитесь к полям, описанным выше. (В данном контексте индексы считаются ограничениями, даже если они были созданы не с синтаксисом ограничений.)

F

Файл: имя файла с исходным кодом, в котором была обнаружена ошибка.

L

Строка: номер строки в исходном коде, в которой была обнаружена ошибка.

R

Программа: имя программы в исходном коде, в которой была обнаружена ошибка.

Примечание

Поля, содержащие имена схемы, таблицы, столбца, типа данных и ограничения, выдаются только для ограниченного числа типов ошибок; см. Приложение А. Клиенты не должны рассчитывать на то, что присутствие одного из полей обязательно влечёт присутствие другого поля. Системные источники ошибок устанавливают связь между ними, но пользовательские функции могут использовать эти поля по-другому. Подобным образом, клиенты не должны полагаться на то, что эти поля ссылаются на актуальные объекты в текущей базе данных.

Клиент отвечает за форматирование отображаемой информации в соответствии с его нуждами; в частности, он должен разбивать длинные строки, как требуется. Символы новой строки, встречающиеся в полях сообщения об ошибке, должны обрабатываться, как разрывы абзацев, а не строк.

53.9. Форматы сообщений логической репликации

В этом разделе подробно описывается формат каждого сообщения логической репликации. Эти сообщения или выдаются через SQL-интерфейс слота репликации или передаются процессом walsender. Когда их передаёт walsender, они помещаются внутрь WAL-сообщений протокола репликации, описанных в Разделе 53.4, и в общем следуют тому же потоку сообщений, что и сообщения физической репликации.

Begin

Byte1('B')

Указывает, что это начальное сообщение.

Int64

Окончательный LSN транзакции.

Int64

Время фиксации транзакции. Значение задаётся в микросекундах, прошедших с начала эпохи PostgreSQL (2000-01-01).

Int32

Идентификатор транзакции.

Commit

Byte1('C')

Указывает, что это сообщение о фиксации.

Int8

Флаги; в настоящее время не используются (поле должно содержать 0).

Int64

LSN записи фиксации.

Int64

Конечный LSN транзакции.

Int64

Время фиксации транзакции. Значение задаётся в микросекундах, прошедших с начала эпохи PostgreSQL (2000-01-01).

Origin

Byte1('O')

Указывает, что это сообщение об источнике.

Int64

LSN записи фиксации на сервере-источнике.

String

Имя источника.

Заметьте, что внутри одной транзакции может быть несколько сообщений Origin.

Relation

Byte1('R')

Указывает, что это сообщение об отношении.

Int32

Идентификатор отношения.

String

Пространство имён (пустая строка для `pg_catalog`).

String

Имя отношения.

Int8

Свойство идентификации реплики для отношения (то же, что и `relreplident` в `pg_class`).

Int16

Число столбцов.

Затем для каждого столбца идёт следующий блок сообщения:

Int8

Флаги столбца. В настоящее время это может быть 0 (флагов нет) или 1 (столбец помечается как часть ключа).

String

Имя столбца.

Int32

Идентификатор типа данных столбца.

Int32

Модификатор типа столбца (`atttypmod`).

Тип

Byte1('Y')

Указывает, что это сообщение о типе.

Int32

Идентификатор типа данных.

String

Пространство имён (пустая строка для `pg_catalog`).

String

Имя типа данных.

Insert

Byte1('I')

Указывает, что это сообщение о добавлении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('N')

Обозначает следующее сообщение `TupleData` как содержащее новый кортеж.

`TupleData`

Блок сообщения `TupleData`, представляющий содержимое нового кортежа.

Update

Byte1('U')

Указывает, что это сообщение об изменении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('K')

Указывает, что следующий блок `TupleData` содержит ключ. Это поле является необязательным и присутствует, только если изменение затронуло столбцы, являющиеся частью индекса `REPLICA IDENTITY`.

Byte1('O')

Указывает, что следующий блок `TupleData` содержит старый кортеж. Это поле является необязательным и присутствует, только если у таблицы, в которой произошло изменение, свойство `REPLICA IDENTITY` равно `FULL`.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое старого кортежа или первичного ключа. Присутствует, только если перед ним идёт признак 'O' или 'K'.

Byte1('N')

Обозначает следующее сообщение TupleData как содержащее новый кортеж.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое нового кортежа.

Сообщение Update может содержать либо блок 'K', либо блок 'O', либо ни один из них, но не оба сразу.

Delete

Byte1('D')

Указывает, что это сообщение об удалении данных.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении.

Byte1('K')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит ключ. Это поле присутствует, если таблица, в которой произошло удаление, использует индекс в качестве REPLICA IDENTITY.

Byte1('O')

Указывает, что следующий блок TupleData содержит старый кортеж. Это поле присутствует, если у таблицы, в которой произошло удаление, свойство REPLICA IDENTITY равно FULL.

TupleData

Блок сообщения TupleData, представляющий содержимое старого кортежа или первичного ключа, в зависимости от предыдущего поля.

Сообщение Delete может содержать либо блок 'K', либо блок 'O', но не оба сразу.

Truncate

Byte1('T')

Указывает, что это сообщение об усечении отношений.

Int32

Число отношений.

Int8

Битовые флаги для TRUNCATE: 1 соответствует указанию CASCADE, 2 — RESTART IDENTITY.

Int32

Идентификатор отношения, соответствующий идентификатору в сообщении об отношении. Это поле повторяется для каждого отношения.

Описанные выше сообщения имеют следующие общие блоки.

TupleData

Int16

Число столбцов.

Затем для каждого столбца следует один из следующих блоков для каждого столбца:

Byte1('n')

Обозначает данные как значение NULL.

Или

Byte1('u')

Обозначает неизменённое значение TOAST (само значение не передаётся).

Или

Byte1('t')

Обозначает данные как значение в текстовом формате.

Int32

Длина значения столбца.

Byte n

Значение столбца в текстовом формате. (В будущих выпусках могут поддерживаться и другие форматы.) Здесь n — заданная выше длина.

53.10. Сводка изменений по сравнению с протоколом версии 2.0

В этом разделе представлен краткий список изменений к сведению разработчиков, желающих модернизировать существующие клиентские библиотеки до протокола 3.0.

В начальном стартовом пакете вместо фиксированного формата применяется гибкий формат списка строк. Заметьте, что теперь сеансовые значения по умолчанию для параметров времени выполнения можно задать непосредственно в стартовом пакете. (Вообще, это можно было делать и раньше, используя поле `options`, но из-за ограниченного размера `options` и невозможности задавать значения с пробелами, это вариант был не очень безопасным.)

Во всех сообщениях непосредственно за байтом типа сообщения следует счётчик длины (за исключением стартовых пакетов, в которых нет байта типа). Также заметьте, что байт типа теперь есть в сообщении `PasswordMessage`.

Сообщения `ErrorResponse` и `NoticeResponse` ('E' и 'N') могут содержать несколько полей, из которых клиентский код может собрать сообщение об ошибке желаемого уровня детализации. Заметьте, что текст отдельных полей обычно не завершается новой строкой, тогда как в старом протоколе одиночная строка всегда завершалась так.

Сообщение `ReadyForQuery` ('Z') включает индикатор статуса транзакции.

Различие между типами данных `BinaryRow` и `DataRow` ушло; один тип сообщений `DataRow` позволяет возвращать данные во всех форматах. Заметьте, что формат `DataRow` был изменён для упрощения его разбора. Также изменилось представление двоичных значений: оно больше не привязано к внутреннему представлению сервера.

В протоколе появился новый подраздел «расширенный запрос», в котором добавлены типы сообщений для команд `Parse`, `Bind`, `Execute`, `Describe`, `Close`, `Flush` и `Sync`, а также типы серверных сообщений `ParseComplete`, `BindComplete`, `PortalSuspended`, `ParameterDescription`, `NoData` и `CloseComplete`. Существующие клиенты могут не подстраиваться под этот раздел протокола, но если они задействуют его, это позволит улучшить производительность или функциональность.

Данные `COPY` теперь внедряются в сообщения `CopyData` и `CopyDone`. Есть чётко определённый способ восстановить работу в случае ошибок в процессе `COPY`. Специальная последняя строка «\.»

больше не нужна, она не передаётся при выполнении `COPY OUT`. (Она по-прежнему воспринимается как завершающая последовательность в потоке `COPY IN`, но это считается устаревшим способом завершения, и в конце концов он будет исключён.) Поддерживается `COPY` в двоичном режиме. Сообщения `CopyInResponse` и `CopyOutResponse` включают поля, определяющие число столбцов и формат каждого столбца.

Изменилась структура сообщений `FunctionCall` и `FunctionCallResponse`. Сообщение `FunctionCall` теперь позволяет передавать функциям аргументы `NULL`. Ещё в нём могут передаваться параметры и получаться результаты в текстовом или двоичном формате. Не осталось повода считать сообщение `FunctionCall` потенциально небезопасным, так как оно не даёт прямого доступа к внутренней презентации данных на сервере.

Сервер отправляет сообщения `ParameterStatus ('S')` при попытке подключения для всех параметров, которые он считает интересными для клиентской библиотеки. Как следствие, при любом изменении активного значения одного из этих параметров также выдаётся сообщение `ParameterStatus`.

Сообщение `RowDescription ('T')` содержит поля с `OID` таблицы и номером столбца для каждого столбца описываемой строки. В нём также передаётся код формата для каждого столбца.

Сервер более не выдаёт сообщение `CursorResponse ('P')`.

В сообщении `NotificationResponse ('A')` добавилось ещё одно строковое поле, в котором может передаваться строка «сообщения» от отправителя события `NOTIFY`.

Раньше сообщение `EmptyQueryResponse ('I')` включало пустой строковый параметр; теперь он ликвидирован.

Глава 54. Соглашения по оформлению кода PostgreSQL

54.1. Форматирование

Исходный код форматируется с отступом на 4 позиции, с сохранением табуляции (т. е. символы табуляции не разворачиваются в пробелы). Для каждого логического уровня отступа добавляется одна табуляция.

Правила оформления (расположения скобок и т. д.) следуют соглашениям BSD. В частности, фигурные скобки для управляемых ими блоков `if`, `while`, `switch` и т. д. размещаются в отдельных строках.

Ограничьте размеры строк, чтобы код можно было читать в окне шириной 80 символов. (Это не значит, что никогда нельзя заходить за 80 символов. Например, не стоит разбивать длинную строку сообщения в произвольных местах, просто чтобы код умещался в 80 символов, так как это в результате скорее всего не сделает код более читабельным.)

Не используйте комментарии в стиле C++ (комментарии `//`). Строгие компиляторы ANSI C их не принимают. По этой же причине не используйте расширения C++, например, не объявляйте новые переменные в середине блока.

Предпочитаемый стиль многострочных блоков выглядит так:

```
/*
 * текст комментария начинается здесь
 * и продолжается здесь
 */
```

Заметьте, что блоки комментариев, начинающиеся с первого символа, будут сохраняться утилитой `pgindent` как есть, но содержимое блоков комментариев с отступами будет переразбито по строкам как обычный текст. Если вы хотите сохранить разрывы строк в блоке с отступом, добавьте минусы следующим образом:

```
/*-----
 * текст комментария начинается здесь
 * и продолжается здесь
 *-----
 */
```

Хотя предлагаемые правки кода не обязательно должны следовать этим правилам форматирования, лучше их придерживаться. Ваш код будет пропущен через `pgindent` перед следующим выпуском, поэтому нет смысла наводить в нём красоту по другим правилам. Для правок есть хорошее правило: «оформляйте новый код так же, как выглядит существующий код вокруг».

В каталоге `src/tools` содержатся примеры файлов настройки, которые можно использовать с редакторами `emacs`, `xemacs` или `vim` для упрощения задачи форматирования кода в соответствии с описанными соглашениями.

Чтобы табуляция показывалась должным образом в средствах просмотра текста `more` и `less`, их можно вызвать так:

```
more -x4
less -x4
```

54.2. Вывод сообщений об ошибках в коде сервера

Сообщения об ошибках, предупреждения и обычные сообщения, выдаваемые в коде сервера должны создаваться функцией `ereport` или родственной её предшественницей `eelog`. Использование этой функции достаточно сложно и требует дополнительного объяснения.

У каждого сообщения есть два обязательных элемента: уровень важности (от `DEBUG` до `PANIC`) и основной текст сообщения. В дополнение к ним есть необязательные элементы, из которых часто используется код идентификатора ошибки, соответствующий определению `SQLSTATE` в спецификации SQL. Функция `ereport` сама по себе является просто оболочкой, которая существует в основном для синтаксического удобства, чтобы выдача сообщения выглядела как вызов функции в коде C. Единственный параметр, который принимает непосредственно функция `ereport`, это уровень важности. Основной текст и любые дополнительные элементы сообщения генерируются в результате вызова вспомогательных функций, таких как `errmsg`, в вызове `ereport`.

Типичный вызов `ereport` выглядит примерно так:

```
ereport(ERROR,
        (errmsg(ERRCODE_DIVISION_BY_ZERO),
         errmsg("division by zero")));
```

В нём задаётся уровень важности `ERROR` (заурядная ошибка). В вызове `errcode` указывается код ошибки `SQLSTATE` по макросу, определённом в `src/include/utils/errcodes.h`. Вызов `errmsg` даёт текст основного сообщения. Обратите внимание на дополнительный набор скобок, окружающих вызовы вспомогательных функций — они загромождают код, но требуются синтаксисом.

Более сложный пример:

```
ereport(ERROR,
        (errcode(ERRCODE_AMBIGUOUS_FUNCTION),
         errmsg("function %s is not unique",
                func_signature_string(funcname, nargs,
                                     NIL, actual_arg_types)),
         errhint("Unable to choose a best candidate function. "
                 "You might need to add explicit typecasts.")));
```

В нём демонстрируется использование кодов форматирования для включения значений времени выполнения в текст сообщения. Также в нём добавляется дополнительное сообщение «подсказки».

При уровне важности `ERROR` или более высоком, `ereport` прерывает выполнение пользовательской функции и не возвращает управление в вызывающий код. Если уровень важности ниже `ERROR`, `ereport` завершается обычным способом.

Для `ereport` предлагаются следующие вспомогательные функции:

- `errcode(sqlerrcode)` задаёт код идентификатора ошибки `SQLSTATE` для данной ошибки. Если эта функция не вызывается, подразумевается идентификатор ошибки `ERRCODE_INTERNAL_ERROR` при уровне важности `ERROR` или выше, либо `ERRCODE_WARNING` при уровне важности `WARNING`, иначе (при уровне `NOTICE` или ниже) — `ERRCODE_SUCCESSFUL_COMPLETION`. Хотя эти значения по умолчанию довольно разумны, всегда стоит подумать, насколько они уместны, прежде чем опустить вызов `errcode()`.
- `errmsg(const char *msg, ...)` задаёт основной текст сообщения об ошибке и, возможно, значения времени выполнения, которые будут в него включаться. Эти включения записываются кодами формата в стиле `sprintf`. В дополнение к стандартным кодам формата, принимаемым функцией `sprintf`, можно использовать код формата `%m`, который вставит сообщение об ошибке, возвращённое строкой `strerror` для текущего значения `errno`.¹ Для `%m` не требуется соответствующая запись в списке параметров `errmsg`. Заметьте, что эта строка будет пропущена через `gettext`, то есть может быть локализована, до обработки кодов формата.
- `errmsg_internal(const char *msg, ...)` действует как `errmsg`, но её строка сообщения не будет переводиться и включаться в словарь сообщений для интернационализации. Это следует использовать для случаев, которые «не происходят никогда», так что тратить силы на их перевод не стоит.
- `errmsg_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errmsg`, но поддерживает различные формы сообщения с множе-

¹То есть значение, которое было текущим, когда была вызвана `ereport`; изменения `errno` во вспомогательных функциях выдачи сообщений на него не повлияют. Это будет не так, если вы запишете `strerror(errno)` явно в списке параметров `errmsg`; поэтому делать так не нужно.

ственными числами. Параметр *fmt_singular* задаёт строку формата на английском для единственного числа, *fmt_plural* — формат для множественного числа, *n* задаёт целое число, определяющее, какая именно форма множественного числа требуется, а остальные аргументы форматируются согласно выбранной строке формата. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 55.2.2.

- `errdetail(const char *msg, ...)` задаёт дополнительное «подробное» сообщение; оно должно использоваться, когда есть дополнительная информация, которую неуместно включать в основное сообщение. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`.
- `errdetail_internal(const char *msg, ...)` действует как `errdetail`, но её строка сообщения не будет переводиться и включаться в словарь сообщений для интернационализации. Это следует использовать для подробных сообщений, на перевод которых не стоит тратить силы, например, когда это техническая информация, непонятная большинству пользователей.
- `errdetail_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errdetail`, но поддерживает различные формы сообщения с множественными числами. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 55.2.2.
- `errdetail_log(const char *msg, ...)` подобна `errdetail`, но выводимая строка попадает только в журнал сервера, и никогда не передаётся клиенту. Если используется и `errdetail` (или один из её эквивалентов), и `errdetail_log`, тогда одна строка передаётся клиенту, а другая отправляется в журнал. Это полезно для вывода подробных сообщений, имеющих конфиденциальный характер или большой размер, так что передавать их клиенту нежелательно.
- `errdetail_log_plural(const char *fmt_singular, const char *fmt_plural, unsigned long n, ...)` действует подобно `errdetail_log`, но поддерживает различные формы сообщения с множественными числами. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 55.2.2.
- `errhint(const char *msg, ...)` передаёт дополнительное сообщение «подсказки»; это позволяет предложить решение проблемы, а не просто сообщить факты, связанные с ней. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`.
- `errcontext(const char *msg, ...)` обычно не вызывается непосредственно с места вызова `ereport`, а используется в функциях обратного вызова `error_context_stack` и выдаёт информацию о контексте, в котором произошла ошибка, например, о текущем положении в функции PL. Строка сообщения обрабатывается так же, как и для `errmsg`. В отличие от других вспомогательных функций, внутри вызова `ereport` её можно вызывать неоднократно; добавляемые таким образом последовательные сообщения складываются через символы перевода строк.
- `errposition(int cursorpos)` задаёт положение ошибки в тексте запроса. В настоящее время это полезно только для ошибок, выявляемых на этапах лексического и синтаксического анализа запроса.
- `errtable(Relation rel)` определяет отношение, имя и схема которого должны быть включены во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errtablecol(Relation rel, int attnum)` определяет столбец, имя которого, вместе с именем таблицы и схемы, должно быть включено во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errtableconstraint(Relation rel, const char *conname)` задаёт имя ограничения таблицы, которое вместе с именем таблицы и схемы должно быть включено во вспомогательные поля сообщения об ошибке. В данном контексте индекс считается ограничением, независимо от того, имеется ли для него запись в `pg_constraint`. Заметьте, что при этом в качестве `rel` нужно передавать нижележащее отношение, а не сам индекс.
- `errdatatype(Oid datatypeOid)` задаёт тип данных, имя которого, вместе с именем схемы, должно включаться во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errdomainconstraint(Oid datatypeOid, const char *conname)` задаёт имя ограничения домена, которое вместе с именем домена и схемы должно включаться во вспомогательные поля сообщения об ошибке.
- `errcode_for_file_access()` — вспомогательная функция, выбирающая подходящий идентификатор SQLSTATE при сбое в системном вызове, в котором происходит обращение к фай-

ловой системе. Какой код ошибки генерировать, она определяет по сохранённому значению `errno`. Обычно это используется в сочетании с `%m` в основном сообщении об ошибке.

- `errcode_for_socket_access()` — вспомогательная функция, выбирающая подходящий идентификатор `SQLSTATE` при сбое в системном вызове, в котором происходит обращение к сокетам.
- `errhidesmtt(bool hide_smtt)` может быть вызвана для подавления вывода поля ОПЕРАТОР: (STATEMENT:) в журнал сервера. Обычно это уместно, когда само сообщение включает текст текущего оператора.
- `errhidecontext(bool hide_ctx)` может быть вызвана для подавления вывода поля КОНТЕКСТ: (CONTEXT:) в журнал сервера. Это следует использовать только для подробных отладочных сообщений, в которых одна и та же информация о контексте, выводимая в журнал, будет только чрезмерно замусоривать его.

Примечание

В вызове `ereport` следует использовать максимум одну из функций `errtable`, `errtablecol`, `errtableconstraint`, `errdatatype` или `errdomainconstraint`. Данные функции существуют для того, чтобы приложения могли извлечь имя объекта базы данных, связанного с условием ошибки, так, чтобы для этого им не требовалось разбирать текст ошибки, возможно локализованный. Эти функции должны использоваться в случае ошибок, для которых может быть желательной автоматическая обработка. Для версии PostgreSQL 9.3 этот подход распространяется полностью только на ошибки класса `SQLSTATE 23` (нарушение целостности ограничения), но в будущем область его применения может быть расширена.

Существует также более старая, но тем не менее активно используемая функция `elog`. Вызов `elog`:

```
elog(level, "format string", ...);
```

полностью равнозначен вызову:

```
ereport(level, (errmsg_internal("format string", ...)));
```

Заметьте, что код ошибки `SQLSTATE` всегда определяется неявно, а строка сообщения не подлежит переводу. Таким образом, `elog` следует использовать только для внутренних ошибок и отладки на низком уровне. Любое сообщение, которое может представлять интерес для обычных пользователей, должно проходить через `ereport`. Тем не менее, в системе есть достаточно много внутренних проверок для случаев, «которые не должны происходить», и в них по-прежнему широко используется `elog`; для таких сообщений эта функция предпочитается из-за простоты записи.

Советы по написанию хороших сообщений об ошибках можно найти в Разделе 54.3.

54.3. Руководство по стилю сообщений об ошибках

Это руководство по стилю предлагается в надежде обеспечить единообразный и понятный пользователю стиль для всех сообщений, которые выдаёт PostgreSQL.

54.3.1. Что и куда выводить

Основное сообщение должно быть кратким, фактологическим и, по возможности, не говорить о тонкостях реализации, например, не упоминать конкретные имена функций. Под «кратким» понимается «должно уместиться в одной строке при обычных условиях». Дополнительное подробное сообщение добавляется, когда краткого сообщения недостаточно, или вы считаете, что нужно упомянуть какие-то внутренние детали, например, конкретный системный вызов, в котором произошла ошибка. И основное, и подробное сообщения должны сообщать исключительно факты. Чтобы предложить решение проблемы, особенно, если это решение может быть применимо не всегда, передайте его в сообщении-подсказке.

Например, вместо:

```
IpcMemoryCreate: ошибка в shmget(ключ=%d, размер=%u, 0%o): %m
```

(плюс длинное дополнение, по сути представляющее собой подсказку)

следует записать:

Основное: не удалось создать сегмент разделяемой памяти: %m
Подробное: Ошибка в системном вызове shmget(key=%d, size=%u, 0%o).
Подсказка: дополнительный текст

Объяснение: когда основное сообщение достаточно краткое, клиенты могут выделить для него место на экране в предположении, что одной строки будет достаточно. Подробное сообщение и подсказка могут выводиться в режиме дополнительных сведений или, возможно, в разворачивающемся окне «ошибка-подробности». Кроме того, подробности и подсказки обычно не записываются в журнал сервера для сокращения его объёма. Детали реализации лучше опускать, так как пользователи не должны в них разбираться.

54.3.2. Форматирование

Не полагайтесь на какое-либо определённое форматирование в тексте сообщений. Следует ожидать, что в клиентском интерфейсе и в журнале сервера длинные строки будут переноситься в зависимости от ситуации. В длинных сообщениях можно обозначить предполагаемые места разрыва абзацев символами новой строки (`\n`). Завершать сообщение этим символом не нужно. Также не используйте табуляции или другие символы форматирования. (При выводе контекста ошибок автоматически добавляются символы перевода строки для разделения уровней контекста, например, вызовов функций.)

Объяснение: сообщение не обязательно будет выводиться в интерфейсе терминального типа. В графических интерфейсах или браузерах эти инструкции форматирования в лучшем случае игнорируются.

54.3.3. Символы кавычек

В тексте на английском языке везде, где это уместно, следует использовать двойные кавычки. В тексте на других языках следует единообразно использовать тот тип кавычек, который принят для печати вывода других программ.

Объяснение: выбор двойных кавычек вместо апострофов несколько своевольный, но ему сейчас отдаётся предпочтение. Некоторые разработчики предлагали выбирать тип кавычек в зависимости от типа объекта, следуя соглашениям SQL (а именно, строки заключать в апострофы, а идентификаторы в кавычки). Но это внутренняя техническая особенность языка, о которой многие пользователи даже не догадываются; кроме того, это нельзя распространить на другие типы сущностей в кавычках, не всегда можно перевести на другие языки и к тому же довольно бессмысленно.

54.3.4. Использование кавычек

Всегда используйте кавычки для заключения имён файлов, задаваемых пользователем идентификаторов и других переменных, которые могут содержать слова. Не заключайте в кавычки переменные, которые никогда не будут содержать слова (например, имена операторов).

В коде сервера есть функции, которые при необходимости сами заключают выводимый результат в кавычки (например, `format_type_be()`). Дополнительные кавычки вокруг результата таких функций добавлять не следует.

Объяснение: у объектов могут быть имена, создающие двусмысленность, когда они появляются в сообщении. Всегда одинаково обозначайте, где начинается и где заканчивается встроенное имя. Но не загромождайте сообщения ненужными или повторными знаками кавычек.

54.3.5. Грамматика и пунктуация

Правила для основного сообщения и дополнительного сообщения/подсказки различаются:

Основное сообщение об ошибке: не делайте первую букву заглавной. Не завершайте сообщение точкой. Даже не думайте о том, чтобы завершить сообщение восклицательным знаком!

Подробное сообщение и подсказка: пишите полные предложения и завершайте каждое точкой. Начинайте первое слово предложения с большой буквы. Добавляйте два пробела после точки, если за одним предложением следует другое (для английского текста; может не подходить для других языков).

Строка с контекстом ошибки: не делайте первую букву заглавной и не завершайте строку точкой. Строки контекста обычно не должны быть полными предложениями.

Объяснение: при отсутствии знаков пунктуации клиентским приложениям проще вставить сообщение в самые разные грамматические контексты. Часто основные сообщения всё равно не являются грамматически полными предложениями. (Если сообщение настолько длинное, что занимает не одно предложение, его следует поделить на основную и дополнительную часть.) Однако подробные сообщения и подсказки по определению длиннее и могут содержать несколько предложений. Единообразия ради, они должны следовать стилю полного предложения, даже если предложение всего одно.

54.3.6. Верхний регистр или нижний регистр

Пишите сообщение в нижнем регистре, включая первую букву основного сообщения об ошибке. Используйте верхний регистр для команд SQL и ключевых слов, если они выводятся в сообщении.

Объяснение: так проще сделать, чтобы всё выглядело единообразно, так как некоторые сообщения могут быть полными предложениями, а другие нет.

54.3.7. Избегайте пассивного залога

Используйте активный залог. Когда есть действующий субъект, формулируйте полные предложения («А не удалось сделать В»). Используйте телеграфный стиль без субъекта, если субъект — сама программа; не пишите «я» от имени программы.

Объяснение: программа — не человек. Не создавайте впечатление, что это не так.

54.3.8. Настоящее или прошедшее время

Используйте прошедшее время, если попытка сделать что-то не удалась, но может быть успешной в следующий раз (возможно, после устранения некоторой проблемы). Используйте настоящее время, если ошибка, определённо, постоянная.

Есть нетривиальное смысловое различие между предложениями вида:

не удалось открыть файл "%s": %m

и:

нельзя открыть файл "%s"

Первое означает, что попытка открыть файл не удалась. Сообщение должно сообщать причину, например, «переполнение диска» или «файл не существует». Прошедшее время уместно, потому что в следующий раз диск может быть не переполнен или запрошенный файл будет найден.

Вторая форма показывает, что функциональность открытия файла с заданным именем полностью отсутствует в программе, либо это невозможно в принципе. Настоящее время в этом случае уместно, так как это условие будет сохраняться неопределённое время.

Объяснение: конечно, средний пользователь не сможет сделать глубокие выводы, проанализировав синтаксическое время, но если язык даёт нам возможность такого выражения, мы должны использовать это корректно.

54.3.9. Тип объекта

Цитируя имя объекта, указывайте также его тип.

Объяснение: иначе никто не поймёт, к чему относится «foo.bar.baz».

54.3.10. Скобки

Квадратные скобки должны использоваться только (1) в описаниях команд и обозначать необязательные аргументы, либо (2) для обозначения индекса массива.

Объяснение: все другие варианты их использования не являются общепринятыми и будут вводить в заблуждение.

54.3.11. Сборка сообщений об ошибках

Когда сообщение включает текст, сгенерированный в другом месте, внедрите его следующим образом:

не удалось открыть файл %s: %m

Объяснение: довольно сложно учесть все возможные варианты ошибок, которые будут вставляться в предложение, чтобы оно при этом оставалось складным, поэтому требуется какая-то пунктуация. Было предложение заключать включаемый текст в скобки, но это не вполне естественно, если этот текст содержит наиболее важную часть сообщения, что часто имеет место.

54.3.12. Причины ошибок

Сообщения должны всегда сообщать о причине произошедшей ошибки. Например:

ПЛОХО: не удалось открыть файл %s

ЛУЧШЕ: не удалось открыть файл %s (ошибка ввода/вывода)

Если причина неизвестна, лучше исправить код.

54.3.13. Имена функций

Не включайте в текст ошибки имя функции, в которой возникла ошибка. У нас есть другие механизмы, позволяющие узнать его, когда требуется, а для большинства пользователей это бесполезная информация. Если текст ошибки оказывается бессвязным без имени функции, перефразируйте его.

ПЛОХО: pg_atoi: ошибка в "z": не удалось разобрать "z"

ЛУЧШЕ: неверное значение для целого числа: "z"

Избегайте упоминания имён вызываемых функций; вместо этого скажите, что пытается делать код:

ПЛОХО: ошибка в open(): %m

ЛУЧШЕ: не удалось открыть файл %s: %m

Если это действительно кажется необходимым, упомяните системный вызов в подробном сообщении. (В некоторых случаях в подробном сообщении стоит показать фактические значения, передаваемые системному вызову.)

Объяснение: пользователи не знают, что делают все эти функции.

54.3.14. Скользкие слова, которых следует избегать

Unable (Неспособен). «Unable» — это почти пассивный залог. Лучше использовать «cannot» (нельзя) или «could not» (не удалось), в зависимости от ситуации.

Bad (Плохое). Сообщения об ошибках типа «bad result» (плохой результат) трудно воспринять осмысленно. Лучше написать, почему результат «плохой», например, «invalid format» (неверный формат).

Illegal (Нелегальное). «Illegal» (нелегально) — то, что нарушает закон, всё остальное можно называть «invalid» (неверным). Опять же лучше сказать, почему что-то неверное.

Unknown (Неизвестное). Постарайтесь исключить «unknown» (неизвестное). Взгляните на сообщение: «error: unknown response» (ошибка: неизвестный ответ). Если вы не знаете, что за ответ

получен, как вы поняли, что он ошибочный? Вместо этого часто лучше сказать «unrecognized» (нераспознанный). Также обязательно добавьте значение, которое не было воспринято.

ПЛОХО: неизвестный тип узла

ЛУЧШЕ: нераспознанный тип узла: 42

«Не найдено» или «не существует». Если программа выполняет поиск ресурса, используя нетривиальный алгоритм (например, поиск по пути), и этот алгоритм не срабатывает, лучше честно сказать, что программа не смогла «найти» ресурс. С другой стороны, если ожидаемое расположение ресурса точно известно, но программа не может обратиться к нему, скажите, что этот ресурс не «существует». Формулировка с глаголом «найти» в данном случае звучит слабо и затрудняет понимание.

Разрешено, могу или возможно. «May» (разрешено) подразумевает разрешение (например, «Вам разрешено воспользоваться моими граблями.») и этому практически нет применения в документации или сообщениях об ошибках. «Can» (могу) подразумевает способность (например, «Я могу поднять это бревно.»), а «might» (возможно) подразумевает возможность (например, «Сегодня возможен дождь.»). Использование подходящего слова проясняет значение и облегчает перевод.

Сокращения. Избегайте сокращений, например «can't»; вместо это напишите «cannot».

54.3.15. Правильное написание

Пишите слова полностью. Например, избегайте (в английском):

- spec
- stats
- parens
- auth
- xact

Объяснение: так сообщения будут единообразными.

54.3.16. Локализация

Помните, что текст сообщений должен переводиться на другие языки. Следуйте советам, приведённым в Подразделе 55.2.2, чтобы излишне не усложнять жизнь переводчикам.

54.4. Различные соглашения по оформлению кода

54.4.1. Стандарт C

Код в PostgreSQL должен использовать только те возможности языка, что описаны в стандарте C89. Это означает, что код `postgres` должен успешно компилироваться компилятором, поддерживающим C89, возможно, за исключением нескольких платформозависимых мест. Возможности более поздних ревизий стандарта C или специфические особенности компилятора могут использоваться, только если предусмотрен и вариант компиляции без них.

Например, в настоящее время используются конструкции `static inline` и `_StaticAssert()`, хотя они относятся к более новым ревизиям стандарта C. Но если они недоступны, мы соответственно переходим к определению функций без `inline`, и к использованию альтернативы, которая совместима с C89 и выполняет те же проверки, но выдаёт довольно непонятные сообщения.

54.4.2. Внедрённые функции и макросы, подобные функциям

Допускается использование и макросов с аргументами, и функций `static inline`. Последний вариант предпочтительнее, если возникает риск множественного вычисления выражений в макросе, как например в случае с

```
#define Max(x, y) ((x) > (y) ? (x) : (y))
```

или когда макрос может быть слишком объёмным. В других случаях использовать макросы — единственный, или как минимум более простой вариант. Например, может быть полезна возможность передавать макросу выражения различных типов.

Когда определение внедрённой функции обращается к символам (переменным, функциям), доступным только в серверном коде, такая функция не должна быть видна при включении в клиентский код.

```
#ifndef FRONTEND
static inline MemoryContext
MemoryContextSwitchTo(MemoryContext context)
{
    MemoryContext old = CurrentMemoryContext;

    CurrentMemoryContext = context;
    return old;
}
#endif /* FRONTEND */
```

В этом примере вызывается функция `CurrentMemoryContext`, существующая только на стороне сервера, и поэтому функция скрыта директивой `#ifndef FRONTEND`. Это правило введено, потому что некоторые компиляторы генерируют указатели на символы, фигурирующие во внедрённых функциях, даже когда эти функции не используются.

54.4.3. Написание обработчиков сигналов

Чтобы код мог выполняться внутри обработчика сигналов, его нужно написать очень аккуратно. Фундаментальная сложность состоит в том, что обработчик сигнала может прервать код в любой момент, если он не отключён. Если код внутри обработчика сигнала использует то же состояние, что и внешний основной код, это может привести к хаосу. В качестве примера представьте, что произойдёт, если обработчик сигнала попытается получить ту же блокировку, которой уже владеет прерванный код.

Если не предпринимать специальных мер, код в обработчиках сигналов может вызывать только безопасные с точки зрения асинхронных сигналов функции (как это определяется в POSIX) и обращаться к переменным типа `volatile sig_atomic_t`. Также безопасными для обработчиков сигналов считаются несколько функций в `postgres`, в том числе, что важно, `SetLatch()`.

В большинстве случаев обработчики событий должны только сообщить о поступлении сигнала и пробудить код снаружи обработчика, используя защёлку. Например, обработчик может быть таким:

```
static void
handle_sighup(SIGNAL_ARGS)
{
    int            save_errno = errno;

    got_SIGHUP = true;
    SetLatch(MyLatch);

    errno = save_errno;
}
```

Переменная `errno` сохраняется и восстанавливается, так как её может изменить `SetLatch()`. Если этого не сделать, прерванный код, считывая `errno`, мог бы получить некорректное значение.

54.4.4. Вызов функций по указателям

Вызов функции по указателю может записываться по-разному. Ясности ради, когда указатель на функцию — простая переменная, предпочтительным вариантом считается запись с явным разыменованием указателя, например:

```
(*emit_log_hook) (edata);
```

(хотя будет работать и просто `emit_log_hook(edata)`). Когда указатель на функции является частью структуры, дополнительные знаки пунктуации можно и обычно даже нужно опускать, например:

```
paramInfo->paramFetch(paramInfo, paramId);
```

Глава 55. Языковая поддержка

55.1. Переводчику

Программы PostgreSQL (серверные и клиентские) могут выдавать сообщения на предпочитаемом вами языке — если эти сообщения были переведены. Создание и поддержка переведённых наборов сообщений предполагает помощь со стороны людей, которые хорошо говорят на своём языке и хотят сотрудничать с PostgreSQL. Для этого совершенно не обязательно быть программистом. В данном разделе объясняется, как можно помочь.

55.1.1. Требования

Мы не будем оценивать ваши языковые навыки — данный раздел посвящён средствам программного обеспечения. Теоретически, требуется лишь текстовый редактор. Но, скорее всего, вы захотите проверить свои переведённые сообщения. Когда вы выполняете `configure`, обязательно используйте параметр `--enable-nls`. Это также проверит библиотеку `libintl` и программу `msgfmt`, которые понадобятся всем пользователям в любом случае. Чтобы проверить свою работу, следуйте соответствующим разделам инструкций по установке.

Если вы захотите выполнить перевод или слияние каталога сообщений (описано ниже), вам понадобятся, соответственно, программы `xgettext` и `msgmerge` в GNU-совместимой реализации. Позднее, мы постараемся сделать так, что если вы будете использовать дистрибутив исходников, вам не понадобится `xgettext`. (При работе с Git, вам всё же это будет необходимо). В настоящее время рекомендуется GNU Gettext 0.10.36 или более поздняя версия.

К вашей реализации `gettext` должна прилагаться документация. Некоторая её часть, возможно, будет продублирована ниже, но более подробную информацию следует искать там.

55.1.2. Основные понятия

Пары оригинальных (английских) сообщений и их (предположительно) переведённых эквивалентов хранятся в *каталогах сообщений*, по одному для каждой программы (хотя связанные программы могут иметь общий каталог) и для каждого языка перевода. Существует два формата, поддерживающих каталоги сообщений: Первый — «РО» (Portable Object, переносимый объект), который является простым текстовым файлом с особым синтаксисом, редактируемый переводчиками. Второй — «МО» (Machine Object, машинный объект), который является двоичным файлом, генерируемым из соответствующего файла РО, и используется при выполнении интернационализированной программы. Переводчики не работают с файлами МО; фактически с ними едва ли кто-то работает напрямую.

Файл каталога сообщений, как можно было предположить, имеет расширение `.po` или `.mo`. Базовым именем является либо имя сопровождаемой им программы, либо язык, для которого создан файл, в зависимости от ситуации. Это создаёт некоторую путаницу. Например, `psql.po` (файл РО для `psql`) или `fr.mo` (файл МО на французском).

Здесь проиллюстрирован формат файлов РО:

```
# comment

msgid "original string"
msgstr "translated string"

msgid "more original"
msgstr "another translated"
"string can be broken up like this"

...
```

Строки `msgid` извлекаются из исходного кода программы (что необязательно, но это наиболее распространённый способ). Строки `msgstr` изначально пусты, и переводчик заполняет их переводами.

Строки могут содержать экранирующие спецсимволы в стиле C и занимать несколько строк, как в приведённом примере. (Следующая строка должна начинаться с начала строки.)

Символ `#` обозначает начало комментария. Если сразу за символом `#` следует пробел, то этим комментарием управляет переводчик. Комментарии также могут быть автоматическими, у которых сразу за `#` следует символ, отличный от пробела. Они управляются различными инструментами, которые работают с файлами PO и предназначены для переводчиков.

```
#. automatic comment
#: filename.c:1023
#, flags, flags
```

Комментарии в стиле `#.` извлекаются из исходного файла, где используется сообщение. Возможно, программист вставил информацию для переводчика, например, о предполагаемом выравнивании. Комментарий `#:` указывает точное место (места), где сообщение используется в исходном коде. Переводчику не нужно смотреть на исходный код программы, но он может это сделать, если сомневается в точности перевода. Комментарии `#,` содержат флаги, которые некоторым образом описывают сообщение. В настоящее время существует два флага: `fuzzy` устанавливается, если сообщение, возможно, стало неактуально по причине изменений в исходном коде программы. Переводчик может проверить это и, возможно, удалить флаг `fuzzy`. Заметьте, что `fuzzy` сообщения недоступны конечному пользователю. Другой флаг это `c-format`, который указывает, что сообщение является шаблоном формата в стиле `printf`. Это означает, что перевод также должен быть строкой формата с таким же количеством и типом "заполнителей". Существуют средства, которые распознают и проверяют флаги `c-format`.

55.1.3. Создание и управление каталогами сообщений

Итак, как же создать «blank» каталог сообщений? Во-первых, зайдите в каталог, содержащий программу, сообщения которой необходимо перевести. Если имеется файл `nls.mk`, данная программа подготовлена к переводу.

Если уже есть некоторые `.po` файлы, то кто-то уже занимался переводом. Файлы получают имя `language.po`, где `language` это *двухбуквенный языковой код ISO 639-1 (в нижнем регистре)*, например, `fr.po` для французского. Если требуется больше одного перевода на какой-либо язык, файлы могут также быть названы `language_region.po`, где `region` это *двухбуквенный код страны ISO 3166-1 (в верхнем регистре)*, например, `pt_BR.po` для португальского в Бразилии. Если найден необходимый язык, можно просто начать работать над этим файлом.

Если необходимо начать новый перевод, сначала выполните команду:

```
make init-po
```

В результате будет создан файл `progname.pot`. (`.pot`, чтобы отличать его от файлов PO, находящихся «в эксплуатации». Т означает «шаблон».) Скопируйте данный файл в `language.po` и редактируйте его. Чтобы сообщить о том, что новый язык доступен, также редактируйте файл `nls.mk` и добавляйте языковой код (или код языка и страны) к строке, которая выглядит следующим образом:

```
AVAIL_LANGUAGES := de fr
```

(Конечно, и другие языки могут появиться.)

По мере развития базовой программы или библиотеки, сообщения могут быть изменены или добавлены программистами. В этом случае нет необходимости начинать с нуля. Вместо этого выполните команду:

```
make update-po
```

что создаст новый пустой файл каталога сообщений (файл с расширением `pot`, с которого вы начали) и объединит его с существующими файлами PO. Если алгоритм слияния не распознаёт конкретное сообщение, он ставит пометку «fuzzy», как говорилось выше. Новый файл PO сохраняется с расширением `.po.new`.

55.1.4. Редактирование файлов PO

Файлы PO можно редактировать при помощи обычного текстового редактора. Переводчику нужно лишь вставить перевод между кавычками после директивы `msgstr`, добавить комментарии и изменить флаг `fuzzy`. Существует также режим PO для Emacs, который представляется довольно полезным.

Файлы PO не обязательно должны быть полностью заполнены. Программа автоматически вернётся к использованию исходной строки, если перевод недоступен (или отсутствует). Вы вполне можете предлагать для включения в исходный код неполный перевод; это даст возможность другим продолжить работу над ним. Однако после слияния рекомендуется в первую очередь удалить ненужные неточные соответствия. Помните, что неточные соответствия в итоге не будут использоваться, они могут лишь подсказывать, каким мог бы быть перевод похожей строки.

Ниже описаны моменты, которые следует учитывать при редактировании переводов:

- Если оригинал заканчивается переводом строки, важно, чтобы это было отражено и в переводе. То же относится к табуляции, и т. п.
- Если оригиналом является строка форматирования `printf`, то перевод должен иметь такой же вид. Перевод также должен иметь те же спецификаторы формата в том же порядке. Иногда правила языка таковы, что это невозможно или как минимум нелепо. В таком случае можно модифицировать спецификаторы формата подобным образом:

```
msgstr "Die Datei %2$s hat %1$u Zeichen."
```

Тогда первый заполнитель просто использует второй аргумент из списка. `digits$` должен стоять сразу за % до любых других модификаторов формата. (Эта возможность действительно существует в семействе функций `printf`. Вы, возможно, не слышали о ней раньше, потому что она мало используется где-либо кроме интернационализации сообщений.)

- Если исходная строка содержит лингвистическую ошибку, сообщите об этом (или исправьте самостоятельно в исходном коде программы) и переведите правильно. Верная строка может быть добавлена, когда исходный программный код будет обновлен. Если исходная строка содержит фактическую ошибку, сообщите об этом (или исправьте самостоятельно) и не переводите её. Вместо этого, можно отметить строку, оставив комментарий в файле PO.
- Сохраняйте стиль и тон исходной строки. В частности, сообщения, не являющиеся предложениями (`cannot open file %s`), вероятно, не следует начинать с заглавной буквы (если в вашем языке есть разделение на регистры) или заканчивать точкой (если в вашем языке используются знаки препинания). Дополнительно см. Раздел 54.3.
- Если вы не знаете, что означает какое-либо сообщение, или если оно допускает двоякое толкование, обратитесь за помощью через список рассылки разработчиков. По всей вероятности, англоговорящие пользователи могут также его не понять или найти двусмысленным, поэтому лучше исправить это сообщение.

55.2. Программисту

55.2.1. Механизмы

Данный раздел описывает как добавить языковую поддержку в программу или библиотеке, которая является частью дистрибутива PostgreSQL. В настоящий момент это относится только к программам на языке C.

Добавление языковой поддержки для программы

1. Вставьте этот код в начало программы:

```
#ifdef ENABLE_NLS
#include <locale.h>
#endif
```

...

```
#ifdef ENABLE-NLS
setlocale(LC_ALL, "");
bindtextdomain("progrname", LOCALEDIR);
textdomain("progrname");
#endif
```

(*progrname* фактически может быть выбрана произвольно.)

2. Везде, где сообщение нуждается в переводе, необходимо вставить вызов `gettext()`. Например:

```
fprintf(stderr, "panic level %d\n", lvl);
```

нужно заменить на:

```
fprintf(stderr, gettext("panic level %d\n"), lvl);
```

(`gettext` определяется как холостая команда, если NLS поддержка не настроена.)

Это часто приводит к немалой путанице. Один из распространённых подходов в этом случае:

```
#define _(x) gettext(x)
```

Ещё одно решение допустимо, если программа часто выполняет обмен данными через одну или несколько функций, таких как `ereport()` в серверном процессе. Тогда вы выполняете внутренний вызов функции `gettext` для каждой входящей строки.

3. Добавьте файл `nls.mk` в каталог с исходными кодами программы. Данный файл будет считаться сборочным файлом (`makefile`). В нём необходимо выполнить присвоение значений для следующих переменных:

CATALOG_NAME

Имя программы, которое указано в вызове `textdomain()`.

AVAIL_LANGUAGES

Список выполненных переводов (изначально пустой).

GETTEXT_FILES

Список файлов, которые содержат подлежащие переводу строки, т. е. помеченные `gettext` или альтернативным решением. В итоге, в него будут включены почти все исходные файлы программы. Если список станет слишком длинным, можно первый «file» сделать + а второе слово — файлом, который содержит по одному имени файла на строку.

GETTEXT_TRIGGERS

Утилитам, которые генерируют каталоги сообщений для работы переводчиков, должно быть известно, какие вызовы функции содержат строки, подлежащие переводу. По умолчанию распознаются только вызовы `gettext()`. Если вы использовали `_` или другие идентификаторы, необходимо перечислить их здесь. Если подлежащая переводу строка не является первым аргументом, необходимо, чтобы элемент имел форму `func:2` (для второго аргумента). Если функция поддерживает сообщения в форме множественного числа, элемент должен выглядеть следующим образом `func:1,2` (идентификация аргументов в виде сообщений в форме единственного и множественного числа).

Система сборки автоматически соберёт и установит каталоги сообщений.

55.2.2. Рекомендации по написанию сообщений

Ниже описаны некоторые рекомендации по написанию сообщений, которые легко перевести.

- Не составляйте предложения во время выполнения. Например:

```
printf("Files were %s.\n", flag ? "copied" : "removed");
```

Порядок слов в предложении может отличаться в других языках. Также, даже если вы не забываете вызывать `gettext()` для каждого фрагмента, возможно, что по отдельности они не будут переведены хорошо. Лучше продублировать небольшую часть кода, чтобы каждое сообщение было переведено как единое целое. Лишь цифры, имена файлов и подобные текущие переменные следует вставлять в текст сообщения во время выполнения.

- По тем же причинам следующий подход не будет работать:

```
printf("copied %d file%s", n, n!=1 ? "s" : "");
```

так как это подразумевает, как формируется форма множественного числа. Если вы думаете, что сможете решить это таким способом:

```
if (n==1)
    printf("copied 1 file");
else
    printf("copied %d files", n);
```

возможно, вы будете разочарованы. В некоторых языках существует более двух форм, и они образуются по особым правилам. Обычно лучше сформулировать сообщение, которое позволит полностью избежать этой проблемы, например:

```
printf("number of copied files: %d", n);
```

Если вы действительно хотите формировать правильно составленные сообщения в форме множественного числа, есть способ этого добиться, но это несколько неудобно. При генерировании первичного или детализированного сообщения об ошибке в `ereport()`, можно написать так:

```
errmsg_plural("copied %d file",
              "copied %d files",
              n,
              n)
```

Первым аргументом является строка формата, соответствующая форме единственного числа в английском языке, вторым аргументом — строка формата, соответствующая форме множественного числа в английском языке, и третьим аргументом — управляющее целочисленное значение, которое определяет, какую форму (единственного или множественного числа) использовать. Последующие аргументы форматируются на основе строки формата, как обычно. (Как правило, значение аргумента для управления формой множественного числа будет также одним из значений, подлежащих форматированию, поэтому оно должно быть записано дважды.) В английском языке важно лишь, является ли значение *n* единицей или нет, но в других языках может быть много различных форм множественного числа. Переводчик рассматривает две английские формы как группу и имеет возможность задать несколько вариантов замены строк, при этом подходящий вариант выбирается исходя из текущего значения *n*.

Если вам нужно составить сообщение в форме множественного числа, которое не используется непосредственно при выводе сообщений в `errmsg` или `errdetail`, вы должны воспользоваться базовой функцией `gettext`. См. документацию по `gettext`.

- Если вы хотите передать какую-либо информацию переводчику, например о том, насколько сообщение соотносится с другими выходными данными, перед строкой должен появиться комментарий, который начинается с `translator`, например:

```
/* translator: This message is not what it seems to be. */
```

Эти комментарии копируются в файлы каталога сообщений, чтобы переводчик мог их видеть.

Глава 56. Написание обработчика процедурного языка

Все функции, написанные на языке, вызываемом не через текущий интерфейс «версии 1» для компилируемых языков (а именно, это функции на процедурных языках и функции, написанные на SQL) выполняются через *обработчик вызова* для заданного языка. Задача такого обработчика вызова — выполнить функцию должным образом, например, интерпретируя для этого её исходный текст. В этой главе в общих чертах рассказывается, как можно написать обработчик нового процедурного языка.

Обработчик вызова процедурного языка — это «обычная» функция, которая разрабатывается на компилируемом языке, таком как C, вызывается через интерфейс версии 1, и регистрируется в PostgreSQL как не принимающая аргументы и возвращающая тип `language_handler`. Этот специальный псевдотип помечает функцию как обработчик вызова и препятствует её вызову непосредственно из команд SQL. Более подробно соглашение о вызовах и динамическая загрузка кода на C описывается в Разделе 38.10.

Обработчик вызова вызывается так же, как и любая другая функция: он получает указатель на переменную `struct FunctionCallInfoData`, содержащую значения аргументов и информацию о вызываемой функции, и должен вернуть результат типа `Datum` (и, возможно, установить признак `isnull` в структуре `FunctionCallInfoData`, если нужно вернуть результат SQL NULL). Отличие обработчика вызова от обычной вызываемой функцией состоит в том, что поле `flinfo->fn_oid` структуры `FunctionCallInfoData` для него будет содержать OID вызываемой функции, а не самого обработчика. По этому OID обработчик вызова должен понять, какую функцию вызывать. Кроме того, список передаваемых аргументов для него формируется в соответствии с объявлением целевой функции, а не обработчика вызова.

Обработчик вызова сам должен выбрать запись функции из системного каталога `pg_proc` и проанализировать типы аргументов и результата вызываемой функции. Содержимое предложения `AS` команды `CREATE FUNCTION` для этой функции будет находиться в столбце `prosrc` строки в `pg_proc`. Обычно это исходный текст на процедурном языке, но в принципе это может быть и что-то другое, например, путь к файлу или иные данные, говорящие обработчику вызова, что именно делать.

Часто функция многократно вызывается в одном SQL-операторе. Чтобы в таких случаях избежать повторных обращений за информацией о вызываемой функции, обработчик вызова может воспользоваться полем `flinfo->fn_extra`. Изначально оно содержит NULL, но обработчик вызова может поместить в него указатель на требуемую информацию. При последующих вызовах, если поле `flinfo->fn_extra` будет отлично от NULL, им можно воспользоваться и пропустить шаг получения этой информации. Обработчик вызова должен позаботиться о том, чтобы указатель в `flinfo->fn_extra` указывал на блок памяти, который не будет освобождён раньше, чем завершится запрос (именно столько может существовать структура `FmgrInfo`). В качестве одного из вариантов, этого можно добиться, разместив дополнительные данные в контексте памяти, заданном в `flinfo->fn_mcxt`; срок жизни таких данных обычно совпадает со сроком жизни самой структуры `FmgrInfo`. С другой стороны, обработчик может выбрать и более долгоживущий контекст памяти с тем, чтобы кешировать определения функций и между запросами.

Когда функция на процедурном языке вызывается как триггер, ей не передаются аргументы обычным способом; вместо этого поле `context` в `FunctionCallInfoData` указывает на структуру `TriggerData`, тогда как при обычном вызове функции оно содержит NULL. Обработчик языка, в свою очередь, должен каким-либо образом предоставить эту информацию функциям на этом процедурном языке.

Шаблон обработчика процедурного языка, написанный на C, выглядит так:

```
#include "postgres.h"
#include "executor/spi.h"
#include "commands/trigger.h"
```

```
#include "fmgr.h"
#include "access/heapam.h"
#include "utils/syscache.h"
#include "catalog/pg_proc.h"
#include "catalog/pg_type.h"

PG_MODULE_MAGIC;

PG_FUNCTION_INFO_V1(plsample_call_handler);

Datum
plsample_call_handler(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    Datum          retval;

    if (CALLED_AS_TRIGGER(fcinfo))
    {
        /*
         * Вызывается как триггерная функция
         */
        TriggerData *trigdata = (TriggerData *) fcinfo->context;

        retval = ...
    }
    else
    {
        /*
         * Вызывается как функция
         */

        retval = ...
    }

    return retval;
}
```

Чтобы завершить код обработчика, нужно добавить лишь несколько тысяч строк вместо многоточий.

Скомпилировав функцию-обработчик языка в загружаемый модуль (см. Подраздел 38.10.5), этот язык (plsample) можно зарегистрировать следующими командами:

```
CREATE FUNCTION plsample_call_handler() RETURNS language_handler
AS 'имя_файла'
LANGUAGE C;
CREATE LANGUAGE plsample
HANDLER plsample_call_handler;
```

Хотя обработчика вызова достаточно для создания простейшего процедурного языка, есть ещё две функции, которые можно реализовать дополнительно, чтобы пользоваться языком было удобнее: функция *проверки* и *обработчик внедрённого кода*. Функцию проверки можно реализовать, чтобы производить проверку синтаксиса языка во время CREATE FUNCTION. Если же реализован обработчик внедрённого кода, этот язык будет поддерживать выполнение анонимных блоков кода командой DO.

Если для процедурного языка предоставляется функция проверки, она должна быть объявлена как функция, принимающая один параметр типа oid. Результат функции проверки игнорируется, так что она обычно объявляется как возвращающая тип void. Эта функция будет вызываться в конце выполнения команды CREATE FUNCTION, создающей или изменяющей функцию, написанную на процедурном языке. Переданный ей OID указывает на строку в pg_proc для этой функции. Функ-

ция проверки должна выбрать эту строку обычным образом и произвести все необходимые проверки. Прежде всего нужно вызвать `CheckFunctionValidatorAccess()`, чтобы отличить явные вызовы этой функции от происходящих при выполнении команды `CREATE FUNCTION`. Затем обычно проверяется, например, что типы аргументов и результата функции поддерживаются языком и что тело функции синтаксически правильно для данного языка. Если функция проверки заключает, что всё в порядке, она должна просто завершиться. Если же она обнаруживает ошибку, она должна сообщить о ней через обычный механизм `ereport()`. Выданная таким образом ошибка приведёт к откату транзакции, так что определение некорректной функции зафиксировано не будет.

Функции проверки обычно должны учитывать параметр `check_function_bodies`: если он отключён, то дорогостоящие или зависящие от контекста проверки содержимого функции выполнять не следует. Если язык подразумевает выполнение кода в процессе компиляции, проверяющая функция должна избегать проверок, которые влекут за собой такое выполнение. В частности, указанный параметр отключает утилиту `pg_dump`, чтобы она могла загружать функции на процедурных языках, не заботясь о побочных эффектах или зависимостях содержимого функций от других объектов базы. (Вследствие этого требования, обработчик языка не должен полагать, что функция прошла полную проверку. Смысл существования функции проверки не в том, чтобы убрать эти проверки из обработчика вызова, а в том, чтобы немедленно уведомить пользователя об очевидных ошибках при выполнении `CREATE FUNCTION`.) Хотя выбор, что именно должно проверяться, по большому счёту остаётся за функцией проверки, заметьте, что основной код `CREATE FUNCTION` выполняет присваивания `SET`, связанные с функцией, только когда `check_function_bodies` включён. Таким образом, проверки, результаты которых могут зависеть от параметров GUC, определённо должны опускаться, когда `check_function_bodies` отключён, во избежание ложных ошибок при восстановлении базы из копии.

Если для процедурного языка предоставляется обработчик встроенного кода, он должен объявляться в виде функции, принимающей один параметр типа `internal`. Результат такого обработчика игнорируется, поэтому обычно он объявляется как возвращающий тип `void`. Обработчик встроенного кода будет вызываться при выполнении оператора `DO` с данным процедурным языком. В качестве параметра ему на самом деле передаётся указатель на структуру `InlineCodeBlock`, содержащую информацию о параметрах `DO`, в частности, текст выполняемого анонимного блока внедрённого кода.

Все подобные объявления функций, а также саму команду `CREATE LANGUAGE`, рекомендуется упаковывать в *расширение* так, чтобы для установки языка было достаточно простой команды `CREATE EXTENSION`. За информацией о разработке расширений обратитесь к Разделу 38.16.

Реализация процедурных языков, включённых в стандартный дистрибутив, может послужить хорошим примером при написании собственных обработчиков языков. Её вы можете найти в подкаталоге `src/pl` дерева исходного кода. Некоторые полезные детали также можно узнать на странице справки `CREATE LANGUAGE`.

Глава 57. Написание обёртки сторонних данных

Все операции со сторонней таблицей производятся через созданную для неё обёртку сторонних данных, представляющую собой набор подпрограмм, которые вызывает ядро сервера. Обёртка сторонних данных отвечает за получение данных из удалённого источника данных и передачу их исполнителю запросов PostgreSQL. Чтобы поддерживалось изменение данных в сторонних таблицах, эту операцию также должна выполнять обёртка. В данной главе освещается написание обёртки сторонних данных.

Реализация обёрток сторонних данных, включённых в стандартный дистрибутив, может послужить хорошим примером при написании собственных обёрток. Её вы можете найти в подкаталоге `contrib` дерева исходного кода. Некоторые полезные детали также можно узнать на странице справки `CREATE FOREIGN DATA WRAPPER`.

Примечание

В стандарте SQL описан интерфейс для написания обёрток сторонних данных, но PostgreSQL не реализует его, так как это потребовало бы больших усилий, а данный стандартизированный API всё равно не получил широкого распространения.

57.1. Функции обёрток сторонних данных

Автор FDW (Foreign Data Wrapper, Обёртки сторонних данных) должен реализовать функцию-обработчик и может дополнительно добавить функцию проверки. Обе функции должны быть написаны на компилируемом языке, таком как C, и использовать интерфейс версии 1. Подробнее соглашение о вызовах и динамическая загрузка кода на C описывается в Разделе 38.10.

Функция-обработчик просто возвращает структуру с указателями на реализующие подпрограммы, которые будут вызываться планировщиком, исполнителем и различными служебными командами. Основная часть разработки FDW заключается в написании этих реализующих подпрограмм. Функция-обработчик должна быть зарегистрирована в PostgreSQL как функция без аргументов, возвращающая специальный псевдотип `fdw_handler`. Реализующие подпрограммы представляют собой обычные функции на C, которые не видны и не могут вызываться на уровне SQL. Они описаны в Разделе 57.2.

Функция проверки отвечает за проверку параметров, передаваемых с командами `CREATE` и `ALTER` для этой обёртки сторонних данных, а также параметров сторонних серверов, сопоставлений пользователей и сторонних таблиц, доступных через эту обёртку. Эта функция должна быть зарегистрирована как принимающая два аргумента: текстовый массив, содержащий параметры для проверки, и OID, представляющий тип объекта, с которым связаны эти параметры (в виде OID системного каталога, в котором будет сохраняться объект: `ForeignDataWrapperRelationId`, `ForeignServerRelationId`, `UserMappingRelationId` или `ForeignTableRelationId`). Если функция проверки отсутствует, параметры не проверяются ни при создании, ни при изменении объекта.

57.2. Подпрограммы обёртки сторонних данных

Функция-обработчик FDW возвращает структуру `FdwRoutine` (выделенную с помощью `palloc`), содержащую указатели на подпрограммы, которые реализуют описанные ниже функции. Из всех функций обязательными являются только те, что касаются сканирования, а остальные могут отсутствовать.

Тип структуры `FdwRoutine` объявлен в `src/include/foreign/fdwapi.h`, там же можно узнать дополнительные подробности.

57.2.1. Подпрограммы FDW для сканирования сторонних таблиц

```
void  
GetForeignRelSize(PlannerInfo *root,  
                  RelOptInfo *baserel,  
                  Oid foreigntableid);
```

Выдаёт оценку размера отношения для сторонней таблицы. Она вызывается в начале планирования запроса, в котором сканируется сторонняя таблица. В параметре `root` передаётся общая информация планировщика о запросе, в `baserel` — информация о данной таблице, а в `foreigntableid` — OID записи в `pg_class` для данной таблицы. (Значение `foreigntableid` можно получить и из структуры данных планировщика, но простоты ради оно передаётся явно.)

Эта функция должна записать в `baserel->rows` ожидаемое число строк, которое будет получено при сканировании таблицы, с учётом фильтра, заданного ограничением выборки. Изначально в `baserel->rows` содержится просто постоянная оценка по умолчанию, которую следует заменить, если это вообще возможно. Функция также может поменять значение `baserel->width`, если она может дать лучшую оценку средней ширины строки результата.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

```
void  
GetForeignPaths(PlannerInfo *root,  
                RelOptInfo *baserel,  
                Oid foreigntableid);
```

Формирует возможные пути доступа для сканирования сторонней таблицы. Эта функция вызывается при планировании запроса. Ей передаются те же параметры, что и функции `GetForeignRelSize`, которая к этому времени уже будет вызвана.

Эта функция должна выдать минимум один путь доступа (узел `ForeignPath`) для сканирования сторонней таблицы и должна вызвать `add_path`, чтобы добавить каждый такой путь в `baserel->pathlist`. Для формирования узлов `ForeignPath` рекомендуется вызывать `create_foreignscan_path`. Данная функция может выдавать несколько путей доступа, то есть путей, для которых по заданным `pathkeys` можно получить уже отсортированный результат. Каждый путь доступа должен содержать оценки стоимости и может содержать любую частную информацию FDW, необходимую для выбора целевого метода сканирования.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

```
ForeignScan *  
GetForeignPlan(PlannerInfo *root,  
               RelOptInfo *baserel,  
               Oid foreigntableid,  
               ForeignPath *best_path,  
               List *tlist,  
               List *scan_clauses,  
               Plan *outer_plan);
```

Создаёт узел плана `ForeignScan` из выбранного пути доступа к сторонней таблице. Эта функция вызывается в конце планирования запроса. Ей передаются те же параметры, что и `GetForeignRelSize`, плюс выбранный путь `ForeignPath` (до этого сформированный функциями `GetForeignPaths`, `GetForeignJoinPaths` или `GetForeignUpperPaths`), целевой список, который должен быть выдан этим узлом плана, условия ограничения, которые должны применяться для данного узла, и внешний вложенный подплан `ForeignScan`, применяемый для перепроверок, выполняемых функцией `RecheckForeignScan`. (Если путь задаётся для соединения, а не для базового отношения, в `foreigntableid` передаётся `InvalidOid`.)

Эта функция должна создать и выдать узел плана `ForeignScan`; для формирования этого узла рекомендуется использовать `make_foreignscan`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

```
void  
BeginForeignScan(ForeignScanState *node,  
                 int eflags);
```

Начинает сканирование сторонней таблицы. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для осуществления сканирования, но не должна собственно производить сканирование (оно должно начаться с первым вызовом `IterateForeignScan`). Узел `ForeignScanState` уже был создан, но его поле `fdw_state` по-прежнему `NULL`. Информацию о сканируемой таблице можно получить через узел `ForeignScanState` (в частности, из нижележащего узла `ForeignScan`, содержащего частную информацию FDW, заданную функцией `GetForeignPlan`). Параметр `eflags` содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `ExplainForeignScan` и `EndForeignScan`.

```
TupleTableSlot *  
IterateForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Выбирает одну строку из стороннего источника и возвращает её в слоте таблицы кортежей (для этой цели следует использовать `ScanTupleSlot`, переданный с узлом). Когда строки заканчиваются, возвращает `NULL`. Инфраструктура слотов таблицы кортежей позволяет возвращать как физические, так и виртуальные кортежи; в большинстве случаев второй вариант предпочтительнее с точки зрения производительности. Заметьте, что эта функция вызывается в контексте кратковременной памяти, который будет сбрасываться между вызовами. Если вам нужна более долгоживущая память, создайте соответствующий контекст в `BeginForeignScan` либо используйте `es_query_cxt` из структуры `EState`, переданной с узлом.

Возвращаемые строки должны соответствовать целевому списку `fdw_scan_tlist`, если он передаётся, а в противном случае — типу строки сканируемой сторонней таблицы. Если вы решите для оптимизации не возвращать ненужные столбцы, в их позиции нужно вставить `NULL`, либо сформировать список `fdw_scan_tlist` без этих столбцов.

Заметьте, что для исполнителя PostgreSQL не важно, удовлетворяют ли возвращаемые строки каким-либо ограничениям, определённым для сторонней таблицы — но это важно для планировщика, так что запросы могут оптимизироваться некорректно, если в сторонней таблице будут видны строки, не удовлетворяющие объявленному ограничению. Если ограничение нарушается, тогда как пользователь объявил, что оно должно выполняться, может быть уместно сообщить об ошибке (точно так же, как и при несовпадении типов данных).

```
void  
ReScanForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Перезапускает сканирование с начала. Заметьте, что значения параметров, от которых зависит сканирование, могли измениться, так что новое сканирование не обязательно вернёт те же строки.

```
void  
EndForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через `ralloc`, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

57.2.2. Подпрограммы FDW для сканирования сторонних соединений

Если FDW поддерживает соединения на удалённой стороне (вместо того, чтобы считывать данные обеих таблиц и выполнять соединения локально), она должна предоставить эту реализующую подпрограмму:

```
void  
GetForeignJoinPaths(PlannerInfo *root,  
                    RelOptInfo *joinrel,  
                    RelOptInfo *outerrel,  
                    RelOptInfo *innerrel,  
                    JoinType jointype,  
                    JoinPathExtraData *extra);
```

Формирует возможные пути доступа для соединения двух (и более) сторонних таблиц, принадлежащих одному стороннему серверу. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. Как и `GetForeignPaths`, эта функция должна построить путь(и) `ForeignPath` для переданного `joinrel` и вызвать `add_path`, чтобы добавить эти пути в набор путей, подходящих для соединения. Но, в отличие от `GetForeignPaths`, эта функция не обязательно должна возвращать минимум один путь, так как всегда возможен альтернативный путь с локальным соединением таблиц.

Заметьте, что эта функция будет вызываться неоднократно для одного и того же соединения с разными комбинациями внутреннего и внешнего отношений; минимизировать двойную работу должна сама FDW.

Если для соединения выбирается путь `ForeignPath`, он будет представлять весь процесс соединения; пути, сформированные для задействованных таблиц и подчинённых соединений, в нём применяться не будут. Далее этот путь соединения обрабатывается во многом так же, как и путь сканирования одной сторонней таблицы. Одно различие состоит в том, что `scanrelid` результирующего плана узла `ForeignScan` должно быть равно нулю, так как он не представляет какое-либо одно отношение; вместо этого набор соединяемых отношений представляется в поле `fs_relids` узла `ForeignScan`. (Это поле заполняется автоматически кодом ядра планировщика, так что FDW делать это не нужно.) Ещё одно отличие в том, что список столбцов для удалённого соединения нельзя получить из системных каталогов и поэтому FDW должна выдать в `fdw_scan_tlist` требуемый список узлов `TargetEntry`, представляющий набор столбцов, которые будут выдаваться во время выполнения в возвращаемых кортежах.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

57.2.3. Подпрограммы FDW для планирования обработки после сканирования/соединения

Если FDW поддерживает удалённое выполнение операций после сканирования/соединения, например, удалённое агрегирование, она должна предоставить эту реализующую подпрограмму:

```
void  
GetForeignUpperPaths(PlannerInfo *root,  
                     UpperRelationKind stage,  
                     RelOptInfo *input_rel,  
                     RelOptInfo *output_rel,  
                     void *extra);
```

Формирует возможные пути доступа для обработки *верхнего отношения*. Этот термин планировщика подразумевает любую обработку запросов после сканирования/соединения, в частности, агрегирование, вычисление оконных функций, сортировку и изменение таблиц. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. В настоящее время она вызывается, только если все базовые отношения, задействованные в запросе, относятся к одной FDW. Эта функция должна построить путь(и) `ForeignPath` для любых действий после сканирования/соединения, которые FDW умеет выполнять удалённо, и вызвать `add_path`, чтобы добавить эти пути к указанному верхнему отношению. Как и `GetForeignJoinPaths`, эта функция не обязательно должна возвращать какие-либо пути, так как всегда возможны пути с локальной обработкой.

Параметр `stage` определяет, какой шаг после сканирования/соединения рассматривается в данный момент. Параметр `output_rel` указывает на верхнее отношение, которое должно получить пути, представляющие вычисление этого шага, а `input_rel` — на отношение, представляющее входные данные для этого шага. В параметре `extra` передаётся дополнительная информация; в настоя-

щее время он устанавливается только для `UPPERREL_PARTIAL_GROUP_AGG` и `UPPERREL_GROUP_AGG`, и в этом случае указывает на структуру `GroupPathExtraData`. (Заметьте, что пути `ForeignPath`, добавляемые в `output_rel`, обычно не будут напрямую зависеть от путей `input_rel`, так как ожидается, что они будут обрабатываться снаружи. Однако изучить пути, построенные для предыдущего шага обработки, может быть полезно для исключения лишних операций при планировании.)

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

57.2.4. Подпрограммы FDW для изменения данных в сторонних таблицах

Если FDW поддерживает запись в сторонние таблицы, она должна предоставить некоторые или все подпрограммы, реализующие следующие функции, в зависимости от потребностей и возможностей FDW:

```
void
AddForeignUpdateTargets(Query *parsetree,
                        RangeTblEntry *target_rte,
                        Relation target_relation);
```

Операции `UPDATE` и `DELETE` выполняются со строками, ранее выбранными функциями сканирования таблицы. FDW может потребоваться дополнительная информация, например, ID строки или значения столбцов первичного ключа, чтобы точно знать, какую именно строку нужно изменить или удалить. Для этого данная функция может добавить дополнительные скрытые или «отбросовые» целевые столбцы в список столбцов, которые должны быть получены из сторонней таблицы во время `UPDATE` или `DELETE`.

Для этого добавьте в `parsetree->targetList` элементы `TargetEntry`, содержащие выражения для дополнительных выбираемых значений. У каждой такой записи должен быть признак `resjunk = true` и должно быть отдельное собственное имя `resname`, по которому она будет идентифицироваться во время выполнения. Избегайте использования имён вида `ctidN`, `wholerow` или `wholerowN`, так как столбцы с такими именами может генерировать ядро системы. Если дополнительные выражения сложнее, чем просто переменные, их нужно пропустить через функцию `eval_const_expressions` прежде чем добавлять в целевой список.

Хотя эта функция вызывается во время планирования, передаваемая ей информация несколько отличается от той, что получают другие подпрограммы планирования. В `parsetree` передаётся дерево разбора команды `UPDATE` или `DELETE`, а параметры `target_rte` и `target_relation` описывают целевую стороннюю таблицу.

Если указатель `AddForeignUpdateTargets` равен `NULL`, дополнительные целевые выражения не добавляются. (Это делает невозможным реализацию операций `DELETE`, хотя операция `UPDATE` может быть всё же возможна, если FDW идентифицирует строки, полагаясь на то, что первичный ключ не меняется.)

```
List *
PlanForeignModify(PlannerInfo *root,
                  ModifyTable *plan,
                  Index resultRelation,
                  int subplan_index);
```

Выполняет любые дополнительные действия планирования, необходимые для добавления, изменения или удаления в сторонней таблице. Эта функция формирует частную информацию FDW, которая будет добавлена в узел плана `ModifyTable`, осуществляющий изменение. Эта информация должна возвращаться в списке (`List`); она будет доставлена в функцию `BeginForeignModify` на стадии выполнения.

В `root` передаётся общая информация планировщика о запросе, а в `plan` — узел плана `ModifyTable`, заполненный, не считая поля `fdwPrivLists`. Параметр `resultRelation` указывает на целевую стороннюю таблицу по номеру в списке отношений, а `subplan_index` определяет целевое отношение

в данном узле `ModifyTable`, начиная с нуля; воспользуйтесь этим индексом, обращаясь к `plan->plans` или другой вложенной структуре узла `plan`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

Если указатель `PlanForeignModify` равен `NULL`, дополнительные действия во время планирования не предпринимаются, и в качестве `fdw_private` в `BeginForeignModify` поступит `NULL`.

```
void
BeginForeignModify(ModifyTableState *mtstate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  List *fdw_private,
                  int subplan_index,
                  int eflags);
```

Начинает выполнение операции изменения данных в сторонней таблице. Эта подпрограмма выполняется при запуске исполнителя. Она должна выполнять любые подготовительные действия, необходимые для того, чтобы собственно произвести изменения в таблице. Впоследствии для каждого кортежа, который будет вставляться, изменяться или удаляться, будет вызываться `ExecForeignInsert`, `ExecForeignUpdate` или `ExecForeignDelete`.

В параметре `mtstate` передаётся общее состояние выполняемого плана узла `ModifyTable`; через эту структуру доступны глобальные сведения о плане и состоянии выполнения. В `rinfo` передаётся структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. (Если FDW нужно сохранить частное состояние, необходимое для этой операции, она может воспользоваться полем `ri_FdwState` структуры `ResultRelInfo`.) В `fdw_private` передаются частные данные, если они были сформированы процедурой `PlanForeignModify`. Параметр `subplan_index` определяет целевое отношение в данном узле `ModifyTable`, а в `eflags` передаются битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `ExplainForeignModify` и `EndForeignModify`.

Если указатель на `BeginForeignModify` равен `NULL`, никакое действие при запуске исполнителя не выполняется.

```
TupleTableSlot *
ExecForeignInsert(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Вставляет один кортеж в стороннюю таблицу. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в `rinfo` — структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр `slot` содержит кортеж, который должен быть вставлен; он будет соответствовать определению типа строки сторонней таблицы. Параметр `planSlot` содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла `ModifyTable`; он отличается от `slot` тем, что может содержать дополнительные «отбросовые» столбцы. (Значение `planSlot` обычно не очень интересно для операций `INSERT`, но оно представлено для полноты.)

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий данные, которые были фактически вставлены (они могут отличаться от переданных данных, например, в результате действий триггеров), либо `NULL`, если никакая строка фактически не была вставлена (опять же, обычно в результате действий триггеров). Чтобы вернуть результат, также можно использовать передаваемый на вход `slot`.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если запрос `INSERT` содержит предложение `RETURNING` или для сторонней таблицы определён триггер `AFTER ROW`. Триггерам нужны все столбцы, но для предложения `RETURNING` FDW может ради оптимизации не возвращать некоторые или

все столбцы, в зависимости от его содержания. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе возвращённое число строк будет неверным.

Если указатель на `ExecForeignInsert` равен `NULL`, вставить данные в стороннюю таблицу не удастся, в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
TupleTableSlot *
ExecForeignUpdate(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Изменяет один кортеж в сторонней таблице. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в `rinfo` — структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр `slot` содержит новые данные для кортежа; он будет соответствовать определению типа строки сторонней таблицы. Параметр `planSlot` содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла `ModifyTable`; он отличается от `slot` тем, что может содержать дополнительные «отбросовые» столбцы. В частности, в этом слоте можно получить любые отбросовые столбцы, запрошенные в `AddForeignUpdateTargets`.

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий строку в состоянии после изменения (её содержимое может отличаться от переданного, например, в результате действий триггеров), либо `NULL`, если никакая строка фактически не была изменена (опять же, обычно в результате действий триггеров). Чтобы вернуть результат, также можно использовать передаваемый на вход `slot`.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если запрос `UPDATE` содержит предложение `RETURNING` или для сторонней таблицы определён триггер `AFTER ROW`. Триггерам нужны все столбцы, но для предложения `RETURNING FDW` может ради оптимизации не возвращать некоторые или все столбцы, в зависимости от его содержания. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе возвращённое число строк будет неверным.

Если указатель на `ExecForeignUpdate` равен `NULL`, изменить данные в сторонней таблице не удастся, а в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
TupleTableSlot *
ExecForeignDelete(EState *estate,
                  ResultRelInfo *rinfo,
                  TupleTableSlot *slot,
                  TupleTableSlot *planSlot);
```

Удаляет один кортеж из сторонней таблицы. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса, а в `rinfo` — структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. Параметр `slot` при вызове не содержит ничего полезного, но в эту структуру можно поместить возвращаемый кортеж. Параметр `planSlot` содержит кортеж, сформированный вложенным планом узла `ModifyTable`; в частности, в нём могут содержаться отбросовые столбцы, запрошенные в `AddForeignUpdateTargets`. Отбросовые столбцы необходимы, чтобы определить, какой именно кортеж удалять.

Возвращаемым значением будет либо слот, содержащий строку, которая была удалена, либо `NULL`, если не удалена никакая строка (обычно в результате действия триггеров). Для размещения возвращаемого кортежа можно использовать передаваемый на вход `slot`.

Данные в возвращаемом слоте используются, только если запрос `DELETE` содержит предложение `RETURNING` или для сторонней таблицы определён триггер `AFTER ROW`. Триггерам нужны все столбцы, но для предложения `RETURNING FDW` может ради оптимизации не возвращать некоторые или все столбцы, в зависимости от его содержания. Так или иначе, какой-либо слот необходимо вернуть, чтобы отметить, что операция успешна, иначе возвращённое число строк будет неверным.

Если указатель на `ExecForeignDelete` равен `NULL`, удалить данные из сторонней таблицы не удастся, а в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

```
void  
EndForeignModify(EState *estate,  
                 ResultRelInfo *rinfo);
```

Завершает изменение данных в таблице и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через `palloc`, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

Если указатель на `EndForeignModify` равен `NULL`, никакое действие при завершении исполнителя не выполняется.

Кортежи, вставляемые в секционированную таблицу командами `INSERT` и `COPY FROM`, направляются в соответствующие секции. Если обёртка сторонних данных поддерживает перенаправление в секции в сторонних таблицах, она также должна предоставить описанные ниже обработчики. Эти функции также вызываются, когда результат `COPY FROM` помещается в стороннюю таблицу.

```
void  
BeginForeignInsert(ModifyTableState *mtstate,  
                  ResultRelInfo *rinfo);
```

Начинает выполнение операции добавления данных в сторонней таблице. Эта подпрограмма вызывается непосредственно перед тем, как первый кортеж будет вставлен в стороннюю таблицу — и когда это секция, выбранная для размещения кортежа, и когда это целевое отношение команды `COPY FROM`. Она должна выполнять любые подготовительные действия, необходимые перед собственно добавлением данных. Впоследствии для каждого кортежа, добавляемого в стороннюю таблицу, будет вызываться обработчик `ExecForeignInsert`.

В параметре `mtstate` передаётся общее состояние выполняемого плана узла `ModifyTable`; через эту структуру доступна глобальная информация о плане и состоянии выполнения. В `rinfo` передаётся структура `ResultRelInfo`, описывающая целевую стороннюю таблицу. (Если FDW нужно сохранить частное состояние, необходимое для этой операции, она может воспользоваться полем `ri_FdwState` структуры `ResultRelInfo`.)

Когда этот обработчик вызывается командой `COPY FROM`, связанные с планом глобальные данные в `mtstate` не передаются. При этом параметр `planSlot` обработчика `ExecForeignInsert`, впоследствии вызываемого для каждого вставляемого кортежа, равен `NULL` — и когда сторонняя таблица является секцией, выбранной для помещения кортежа, и когда это целевое отношение данной команды.

Если указатель на `BeginForeignInsert` равен `NULL`, никакое действие при инициализации не выполняется.

```
void  
EndForeignInsert(EState *estate,  
                ResultRelInfo *rinfo);
```

Завершает операцию добавления и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через `palloc`, но например, открытые файлы и подключения к удалённым серверам следует закрыть.

Если указатель на `EndForeignInsert` равен `NULL`, никакое действие при завершении не выполняется.

```
int  
IsForeignRelUpdatable(Relation rel);
```

Сообщает, какие операции изменения данных поддерживает указанная сторонняя таблица. Возвращаемое значение должно быть битовой маской кодов событий, обозначающих операции, поддерживаемые таблицей, и заданных в перечислении `CmdType`; то есть, $(1 \ll \text{CMD\_UPDATE}) = 4$ для `UPDATE`, $(1 \ll \text{CMD\_INSERT}) = 8$ для `INSERT` и $(1 \ll \text{CMD\_DELETE}) = 16$ для `DELETE`.

Если указатель на `IsForeignRelUpdatable` равен `NULL`, предполагается, что сторонние таблицы позволяют добавлять, изменять и удалять строки, если `FDW` предоставляет процедуры для функций `ExecForeignInsert`, `ExecForeignUpdate` или `ExecForeignDelete`, соответственно. Данная функция необходима, только если `FDW` поддерживает операции изменения для одних таблиц и не поддерживает для других. (Хотя для этого можно выдать ошибку в подпрограмме, выполняющей операцию, а не задействовать эту функцию. Однако данная функция позволяет корректно отражать поддержку изменений в представлениях `information_schema`.)

Некоторые операции добавления, изменений и удаления данных в сторонних таблицах можно оптимизировать, применив альтернативный набор интерфейсов. Обычные интерфейсы для операций добавления, изменения и удаления выбирают строки с удалённого сервера, а затем модифицируют их по одной. В некоторых случаях такой подход «строка-за-строкой» необходим, но он может быть не самым эффективным. Если есть возможность определить на стороннем сервере, какие строки должны модифицироваться, собственно не считывая их, и если никакие локальные триггеры этой операцией не затрагиваются, то возможно организовать операцию так, чтобы она выполнялась целиком на удалённом сервере. Это становится возможным благодаря описанным ниже интерфейсам.

```
bool
PlanDirectModify(PlannerInfo *root,
                  ModifyTable *plan,
                  Index resultRelation,
                  int subplan_index);
```

Определяет, возможно ли безопасно выполнить прямую модификацию на удалённом сервере. Если да, возвращает `true`, производя требуемые для этого операции планирования. В противном случае возвращает `false`. Эта необязательная функция вызывается во время планирования запроса. Если результат этой функции положительный, на стадии выполнения будут вызываться `BeginDirectModify`, `IterateDirectModify` и `EndDirectModify`. Иначе модификация таблиц будет осуществляться посредством функций изменения, описанных выше. Данная функция принимает те же параметры, что и `PlanForeignModify`.

Для осуществления прямой модификации на удалённом сервере эта функция должна подставить в целевой подплан узел `ForeignScan`, выполняющий прямую модификацию на удалённом сервере. В поле `operation` структуры `ForeignScan` должно быть установлено соответствующее значение перечисления `CmdType`: то есть, `CMD_UPDATE` для `UPDATE`, `CMD_INSERT` для `INSERT` и `CMD_DELETE` для `DELETE`.

За дополнительными сведениями обратитесь к Разделу 57.4.

Если указатель на `PlanDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
void
BeginDirectModify(ForeignScanState *node,
                  int eflags);
```

Подготавливает прямую модификацию на удалённом сервере. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для осуществления прямой модификации (модификация должна начаться с первым вызовом `IterateDirectModify`). Узел `ForeignScanState` уже был создан, но его поле `fdw_state` по-прежнему `NULL`. Информацию о модифицируемой таблице можно получить через узел `ForeignScanState` (в частности, из нижележащего узла `ForeignScan`, содержащего частную информацию `FDW`, заданную функцией `PlanDirectModify`). Параметр `eflags` содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Заметьте, что когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, эта функция не должна выполнять какие-либо внешне проявляющиеся действия; она должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `ExplainDirectModify` и `EndDirectModify`.

Если указатель на `BeginDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
TupleTableSlot *  
IterateDirectModify(ForeignScanState *node);
```

Когда в запросе `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE` отсутствует предложение `RETURNING`, просто возвращает `NULL` после прямой модификации на удалённом сервере. Когда в запросе есть это предложение, выбирает одну строку результата с данными, требующимися для вычисления `RETURNING`, и возвращает её в слоте таблицы кортежей (для этой цели следует использовать `ScanTupleSlot`, переданный с узлом). Данные, которые были фактически добавлены, изменены или удалены, нужно сохранить в `es_result_relation_info->ri_projectReturning->pi_exprContext->ecxt_scantuple` в структуре `EState`, переданной с узлом. Возвращает `NULL`, если строк больше нет. Заметьте, что эта функция вызывается в контексте кратковременной памяти, который будет сбрасываться между вызовами. Если вам нужна более долгоживущая память, создайте соответствующий контекст в `BeginDirectModify` либо используйте `es_query_cxt` из переданной с узлом структуры `EState`.

Возвращаемые строки должны соответствовать целевому списку `fdw_scan_tlist`, если он передаётся, а в противном случае — типу строки изменяемой сторонней таблицы. Если вы решите для оптимизации не возвращать ненужные столбцы, не требующиеся для получения `RETURNING`, в их позиции нужно вставить `NULL`, либо сформировать список `fdw_scan_tlist` без этих столбцов.

Независимо от того, есть ли в запросе это предложение или нет, число строк, возвращаемых запросом, должно увеличиваться самой `FDW`. Когда этого предложения в запросе нет, `FDW` должна также увеличивать число строк для узла `ForeignScanState` в случае `EXPLAIN ANALYZE`.

Если указатель на `IterateDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

```
void  
EndDirectModify(ForeignScanState *node);
```

Очищает ресурсы после непосредственной модификации на удалённом сервере. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через `palloc`, но например, открытые файлы и подключения к удалённому серверу следует закрыть.

Если указатель на `EndDirectModify` равен `NULL`, сервер не будет пытаться произвести прямую модификацию.

57.2.5. Подпрограммы `FDW` для блокировки строк

Если `FDW` желает поддерживать функцию *поздней блокировки строк* (описанную в Разделе 57.5), она должна предоставить следующие реализующие подпрограммы:

```
RowMarkType  
GetForeignRowMarkType(RangeTblEntry *rte,  
                      LockClauseStrength strength);
```

Сообщает, какой вариант пометки строк будет использоваться для сторонней таблицы. Здесь `rte` представляет узел `RangeTblEntry` для таблицы, а `strength` описывает силу блокировки, запрошенную соответствующим предложением `FOR UPDATE/SHARE`, если оно имеется. Результатом должно быть значение перечисления `RowMarkType`.

Эта функция вызывается в процессе планирования запроса для каждой сторонней таблицы, которая участвует в запросе `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, и не является целевой в запросе `UPDATE` или `DELETE`.

Если указатель `GetForeignRowMarkType` равен `NULL`, всегда выбирается вариант `ROW_MARK_COPY`. (Вследствие этого, функция `RefetchForeignRow` никогда не будет вызываться, так что и её задавать не нужно.)

За подробностями обратитесь к Разделу 57.5.

```
HeapTuple  
RefetchForeignRow(EState *estate,  
                  ExecRowMark *erm,  
                  Datum rowid,  
                  bool *updated);
```

Повторно считывает один кортеж из сторонней таблицы после блокировки, если она требуется. В `estate` передаётся глобальное состояние выполнения запроса. В `erm` передаётся структура `ExecRowMark`, описывающая целевую стороннюю таблицу и тип запрашиваемой блокировки (если требуется блокировка). Параметр `rowid` идентифицирует считываемый кортеж. Параметр `updated` используется как выходной.

Эта функция должна вернуть копию выбранного кортежа (размещённую в памяти `palloc`) или `NULL`, если получить блокировку строки не удастся. Тип запрашиваемой блокировки строки определяется значением `erm->markType`, которое было до этого возвращено функцией `GetForeignRowMarkType`. (Вариант `ROW_MARK_REFERENCE` означает, что нужно просто повторно выбрать кортеж, не запрашивая никакой блокировки, а `ROW_MARK_COPY` никогда не поступает в эту подпрограмму.)

Кроме того, переменной `*updated` следует присвоить `true`, если была считана изменённая версия кортежа, а не версия, полученная ранее. (Если `FDW` не знает этого наверняка, рекомендуется всегда возвращать `true`.)

Заметьте, что по умолчанию в случае неудачи при попытке получить блокировку строки должна выдаваться ошибка; значение `NULL` может возвращаться, только если в `erm->waitPolicy` выбран вариант `SKIP LOCKED`.

В `rowid` передаётся значение `ctid`, полученное ранее для строки, которую нужно считать повторно. Хотя значение `rowid` передаётся в виде `Datum`, в настоящее время это может быть только `tid`. Такой интерфейс функции выбран с расчётом на то, чтобы в будущем в качестве идентификаторов строк могли приниматься и другие типы данных.

Если указатель на `RefetchForeignRow` равен `NULL`, повторно выбрать данные не удастся, в ответ будет выдаваться сообщение об ошибке.

За подробностями обратитесь к Разделу 57.5.

```
bool  
RecheckForeignScan(ForeignScanState *node,  
                   TupleTableSlot *slot);
```

Перепроверяет, соответствует ли по-прежнему ранее возвращённый кортеж применимым условиям сканирования и соединения, и возможно выдаёт изменённую версию кортежа. Для обёрток сторонних данных, которые не выносят соединение наружу, обычно удобнее присвоить этому указателю `NULL` и задать `fdw_recheck_qual`s. Однако, когда внешние соединения выносятся наружу, недостаточно повторно применить к результирующему кортежу проверки, относящиеся ко всем базовым таблицам, даже если присутствуют все атрибуты, так как невыполнение некоторого условия может приводить и к обнулению некоторых атрибутов, а не только исключению этого кортежа. `RecheckForeignScan` может перепроверить условия и вернуть `true`, если они по-прежнему выполняются, или `false` в противном случае, но также она может записать в переданный слот кортеж на замену предыдущему.

Чтобы вынести соединение наружу, обёртка сторонних данных обычно конструирует альтернативный план локального соединения, применяемый только для перепроверок; он становится внешним подпланом узла `ForeignScan`. Когда требуется перепроверка, может быть выполнен этот подплан и результирующий кортеж сохранён в слоте. Этот план может не быть эффективным, так как ни одна базовая таблица не выдаст больше одной строки; например, он может реализовывать все соединения в виде вложенных циклов. Для поиска подходящего локального пути соединения в существующих путях можно воспользоваться функцией `GetExistingLocalJoinPath`. Функция

`GetExistingLocalJoinPath` ищет непараметризованный путь в списке путей заданного отношения соединения. (Если такой путь не находится, она возвращает `NULL`, и в этом случае обёртка сторонних данных может построить локальный путь сама или решить не создавать пути доступа для этого соединения.)

57.2.6. Подпрограммы FDW для EXPLAIN

```
void  
ExplainForeignScan(ForeignScanState *node,  
                   ExplainState *es);
```

Дополняет вывод EXPLAIN для сканирования сторонней таблицы. Эта функция может вызывать `ExplainPropertyText` и связанные функции и добавлять поля в вывод EXPLAIN. Поля флагов в `es` позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае с EXPLAIN ANALYZE можно проанализировать состояние узла `ForeignScanState`.

Если указатель `ExplainForeignScan` равен `NULL`, никакая дополнительная информация при EXPLAIN не выводится.

```
void  
ExplainForeignModify(ModifyTableState *mtstate,  
                    ResultRelInfo *rinfo,  
                    List *fdw_private,  
                    int subplan_index,  
                    struct ExplainState *es);
```

Дополняет вывод EXPLAIN для изменений в сторонней таблице. Эта функция может вызывать `ExplainPropertyText` и связанные функции и добавлять поля в вывод EXPLAIN. Поля флагов в `es` позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае с EXPLAIN ANALYZE можно проанализировать состояние узла `ModifyTableState`. Первые четыре аргумента у этой функции те же, что и у `BeginForeignModify`.

Если указатель `ExplainForeignModify` равен `NULL`, никакая дополнительная информация при EXPLAIN не выводится.

```
void  
ExplainDirectModify(ForeignScanState *node,  
                   ExplainState *es);
```

Дополняет вывод EXPLAIN для прямой модификации данных на удалённом сервере. Эта функция может вызывать `ExplainPropertyText` и связанные функции и добавлять поля в вывод EXPLAIN. Поля флагов в `es` позволяют определить, что именно выводить, а для выдачи статистики времени выполнения в случае EXPLAIN ANALYZE можно проанализировать состояние узла `ForeignScanState`.

Если указатель `ExplainDirectModify` равен `NULL`, никакая дополнительная информация при EXPLAIN не выводится.

57.2.7. Подпрограммы FDW для ANALYZE

```
bool  
AnalyzeForeignTable(Relation relation,  
                   AcquireSampleRowsFunc *func,  
                   BlockNumber *totalpages);
```

Эта функция вызывается, когда для сторонней таблицы выполняется ANALYZE. Если FDW может собрать статистику для этой сторонней таблицы, эта функция должна вернуть `true` и передать в `func` указатель на функцию, которая будет выдавать строки выборки из таблицы, а в `totalpages` ожидаемый размер таблицы в страницах. В противном случае эта функция должна вернуть `false`.

Если FDW не поддерживает сбор статистики ни для каких таблиц, в `AnalyzeForeignTable` можно установить значение `NULL`.

Функция выдачи выборки, если она предоставляется, должна иметь следующую сигнатуру:

```
int  
AcquireSampleRowsFunc(Relation relation,  
                       int elevel,  
                       HeapTuple *rows,  
                       int targrows,  
                       double *totalrows,  
                       double *totaldeadrows);
```

Она должна выбирать из таблицы максимум *targrows* строк и помещать их в переданный вызывающим кодом массив *rows*. Возвращать она должна фактическое число выбранных строк. Кроме того, эта функция должна сохранить общее количество актуальных и «мёртвых» строк в таблице в выходных параметрах *totalrows* и *totaldeadrows*, соответственно. (Если для данной FDW нет понятия «мёртвых» строк, в *totaldeadrows* нужно записать 0.)

57.2.8. Подпрограммы FDW для IMPORT FOREIGN SCHEMA

```
List *  
ImportForeignSchema(ImportForeignSchemaStmt *stmt, Oid serverOid);
```

Получает список команд, создающих сторонние таблицы. Эта функция вызывается при выполнении команды IMPORT FOREIGN SCHEMA; ей передаётся дерево разбора этого оператора и OID целевого стороннего сервера. Она должна вернуть набор строк C, в каждой из которых должна содержаться команда CREATE FOREIGN TABLE. Эти строки будут разобраны и выполнены ядром сервера.

В структуре ImportForeignSchemaStmt поле *remote_schema* задаёт имя удалённой схемы, из которой импортируются таблицы. Поле *list_type* устанавливает, как фильтровать имена таблиц: вариант FDW_IMPORT_SCHEMA_ALL означает, что нужно импортировать все таблицы в удалённой схеме (в этом случае поле *table_list* пустое), FDW_IMPORT_SCHEMA_LIMIT_TO означает, что нужно импортировать только таблицы, перечисленные в *table_list*, и FDW_IMPORT_SCHEMA_EXCEPT означает, что нужно исключить таблицы, перечисленные в списке *table_list*. В поле *options* передаётся список параметров для процесса импорта. Значение этих параметров определяется самой FDW. Например, у FDW может быть параметр, определяющий, нужно ли сохранять у импортируемых столбцов атрибут NOT NULL. Эти параметры могут не иметь ничего общего с параметрами, которые принимает FDW в качестве параметров объектов базы.

FDW может игнорировать поле *local_schema* в ImportForeignSchemaStmt, так как ядро сервера само вставит это имя в разобранные команды CREATE FOREIGN TABLE.

Также, FDW может не выполнять сама фильтрацию по полям *list_type* и *table_list*, так как ядро сервера автоматически пропустит все возвращённые команды для таблиц, исключённых по заданным критериям. Однако часто лучше сразу избежать лишней работы, не формируя команды для исключаемых таблиц. Для проверки, удовлетворяет ли фильтру заданное имя сторонней таблицы, может быть полезна функция `IsImportableForeignTable()`.

Если FDW не поддерживает импорт определений таблиц, указателю ImportForeignSchema можно присвоить NULL.

57.2.9. Подпрограммы FDW для параллельного выполнения

Узел ForeignScan может, хотя это не требуется, поддерживать параллельное выполнение. Параллельный ForeignScan будет выполняться в нескольких процессах и должен возвращать одну строку только единожды. Для этого взаимодействующие процессы могут координировать свои действия через фиксированного размера блоки в динамической разделяемой памяти. Эта разделяемая память не будет гарантированно отображаться по одному адресу в разных процессах, так что она не может содержать указатели. Все следующие функции являются необязательными, но большинство из них необходимы при реализации поддержки параллельного выполнения.

```
bool
```

```
IsForeignScanParallelSafe(PlannerInfo *root, RelOptInfo *rel,  
                          RangeTblEntry *rte);
```

Проверяет, будет ли сканирование выполняться параллельным исполнителем. Эта функция будет вызываться, только когда планировщик считает, что параллельный план принципиально возможен, и должна возвращать true, если такое сканирование может безопасно выполняться параллельным исполнителем. Обычно это не так, если удалённый источник данных является транзакционным. Но возможно исключение, когда в подключении рабочего процесса к этому источнику каким-то образом используется тот же транзакционный контекст, что и в ведущем процессе.

Если эта функция не определена, считается, что сканирование должно происходить в ведущем процессе. Заметьте, что возвращённое значение true не означает, что само сканирование может выполняться в параллельном режиме, а только то, что сканирование будет производиться в параллельном исполнителе. Таким образом, может быть полезно определить этот обработчик, даже если параллельное выполнение не поддерживается.

```
Size  
EstimateDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt);
```

Оценивает объём динамической разделяемой памяти, которая потребуется для параллельной операции. Это значение может превышать объём, который будет занят фактически, но не должно быть меньше. Возвращаемое значение задаётся в байтах. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется; но в этом случае должны быть также опущены следующие три функции, так как для FDW не будет выделена разделяемая память.

```
void  
InitializeDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt,  
                        void *coordinate);
```

Инициализирует динамическую разделяемую память, которая потребуется для параллельной операции. `coordinate` указывает на область разделяемой памяти размера, равного возвращаемому значению `EstimateDSMForeignScan`. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется.

```
void  
ReInitializeDSMForeignScan(ForeignScanState *node, ParallelContext *pcxt,  
                          void *coordinate);
```

Заново инициализирует динамическую разделяемую память, требуемую для параллельной операции, перед тем как будет повторно просканирован узел чтения сторонних данных. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется. В этой функции рекомендуется сбрасывать только общее состояние, а в функции `ReScanForeignScan` сбрасывать только локальное. В настоящее время эта функция будет вызываться перед `ReScanForeignScan`, но лучше на этот порядок не рассчитывать.

```
void  
InitializeWorkerForeignScan(ForeignScanState *node, shm_toc *toc,  
                          void *coordinate);
```

Инициализирует локальное состояние параллельного исполнителя на основе общего состояния, заданного ведущим исполнителем во время `InitializeDSMForeignScan`. Эта функция является необязательной и может быть опущена, если не требуется.

```
void  
ShutdownForeignScan(ForeignScanState *node);
```

Освобождает ресурсы, когда становится понятно, что этот узел больше не будет выполняться. Этот обработчик вызывается не во всех случаях; иногда может вызываться только `EndForeignScan`. Так как сегмент DSM, используемый параллельным запросом, освобождается сразу после вызова этого обработчика, обёртки сторонних данных, которым нужно выполнять некоторые действия до ликвидации сегмента DSM, должны реализовывать этот метод.

57.2.10. Подпрограммы FDW для изменения параметризации путей

```
List *
ReparameterizeForeignPathByChild(PlannerInfo *root, List *fdw_private,
                                  RelOptInfo *child_rel);
```

Эта функция вызывается при преобразовании пути, параметризованного самым верхним родителем данного дочернего отношения `child_rel`, в путь, параметризованный дочерним отношением. Она используется для изменения параметров любых путей или трансляции любых узлов выражений, сохранённых в поле `fdw_private` переданной структуры `ForeignPath`. Этот обработчик может по мере необходимости использовать `reparameterize_path_by_child`, `adjust_appendrel_attrs` или `adjust_appendrel_attrs_multilevel`.

57.3. Вспомогательные функции для обёрток сторонних данных

Ядро сервера экспортирует набор полезных вспомогательных функций, которые позволяют разработчикам обёрток сторонних данных легко обращаться к атрибутам объектов, связанных с FDW, например, к параметрам FDW. Чтобы использовать эти функции, необходимо включить в исходный файл заголовочный файл `foreign/foreign.h`. В этом заголовочном файле также определяются типы структур, возвращаемых этими функциями.

```
ForeignDataWrapper *
GetForeignDataWrapper(Oid fdwid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignDataWrapper` для обёртки сторонних данных с указанным OID. Объект `ForeignDataWrapper` содержит свойства FDW (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
ForeignServer *
GetForeignServer(Oid serverid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignServer` для стороннего сервера с указанным OID. Объект `ForeignServer` содержит свойства сервера (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
UserMapping *
GetUserMapping(Oid userid, Oid serverid);
```

Эта функция возвращает объект `UserMapping` для сопоставления пользователя, которое определено для указанной роли на указанном сервере. (Если сопоставление для указанной роли отсутствует, она возвращает сопоставление для `PUBLIC` или выдаёт ошибку, если его нет.) Объект `UserMapping` содержит свойства сопоставления пользователя (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
ForeignTable *
GetForeignTable(Oid relid);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignTable` для сторонней таблицы с указанным OID. Объект `ForeignTable` содержит свойства сторонней таблицы (они описаны в `foreign/foreign.h`).

```
List *
GetForeignColumnOptions(Oid relid, AttrNumber attnum);
```

Эта функция возвращает параметры FDW уровня столбцов для столбца из таблицы с указанным OID сторонней таблицы и указанным номером, в виде списка `DefElem`. Если для столбца не определены параметры, возвращается `NULL`.

В дополнение к функциям, выбирающим объекты по OID, для некоторых объектов добавлены функции поиска по именам:

```
ForeignDataWrapper *
GetForeignDataWrapperByName(const char *name, bool missing_ok);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignDataWrapper` для обёртки сторонних данных с указанным именем. В случае отсутствия такой обёртки возвращается `NULL`, если `missing_ok` равно `true`, а иначе выдаётся ошибка.

```
ForeignServer *  
GetForeignServerByName(const char *name, bool missing_ok);
```

Эта функция возвращает объект `ForeignServer` для стороннего сервера с указанным именем. В случае отсутствия такого сервера возвращается `NULL`, если `missing_ok` равно `true`, а иначе выдаётся ошибка.

57.4. Планирование запросов с обёртками сторонних данных

Процедуры в FDW, реализующие функции `GetForeignRelSize`, `GetForeignPaths`, `GetForeignPlan`, `PlanForeignModify`, `GetForeignJoinPaths`, `GetForeignUpperPaths` и `PlanDirectModify`, должны вписываться в работу планировщика PostgreSQL. Здесь даётся несколько замечаний о том, как это должно происходить.

Для уменьшения объёма выбираемых из сторонней таблицы данных (и как следствие, сокращения стоимости) может использоваться информация, поступающая в `root` и `baserel`. Особый интерес представляет поле `baserel->baserestrictinfo`, так как оно содержит ограничивающие условия (предложение `WHERE`), по которым можно отфильтровать выбираемые строки. (Сама FDW не обязательно должна применять эти ограничения, так как их может проверить и ядро исполнителя.) Список `baserel->reltarget->exprs` позволяет определить, какие именно столбцы требуется выбрать; но учтите, что в нём перечисляются только те столбцы, которые выдаются узлом плана `ForeignScan`, но не столбцы, которые задействованы в ограничивающих условиях и при этом не выводятся запросом.

Когда функциям планирования FDW требуется сохранять свою информацию, они могут использовать различные частные поля. Вообще, все структуры, которые FDW помещает в закрытые поля, должны выделяться функцией `palloc`, чтобы они автоматически освобождались при завершении планирования.

Для хранения информации, относящейся к определённой сторонней таблице, функции планирования FDW могут использовать поле `baserel->fdw_private`, которое может содержать указатель на `void`. Ядро планировщика никак не касается его, кроме того, что записывает в него `NULL` при создании узла `RelOptInfo`. Оно полезно для передачи информации из `GetForeignRelSize` в `GetForeignPaths` и/или из `GetForeignPaths` в `GetForeignPlan` и позволяет избежать повторных вычислений.

`GetForeignPaths` может обозначить свойства различных путей доступа, сохранив частную информацию в поле `fdw_private` узлов `ForeignPath`. Это поле `fdw_private` объявлено как указатель на список (`List`), но в принципе может содержать всё, что угодно, так как ядро планировщика его не касается. Однако лучше поместить в него данные, которые сможет представить функция `nodeToString`, для применения средств отладки, имеющихся на сервере.

`GetForeignPlan` может изучить поле `fdw_private` выбранного узла `ForeignPath` и сформировать списки `fdw_exprs` и `fdw_private`, которые будут помещены в узел `ForeignScan`, где они будут находиться во время выполнения запроса. Оба эти списка должны быть представлены в форме, которую способна копировать функция `copyObject`. Список `fdw_private` не имеет других ограничений и никаким образом не интерпретируется ядром сервера. Список `fdw_exprs`, если этот указатель не `NULL`, предположительно содержит деревья выражений, которые должны быть вычислены при выполнении запроса. Затем планировщик обрабатывает эти деревья, чтобы они были полностью готовы к выполнению.

`GetForeignPlan` обычно может скопировать полученный целевой список в узел плана как есть. Передаваемый список `scan_clauses` содержит те же предложения, что и `baserel->baserestrictinfo`,

но, возможно, в другом порядке для более эффективного выполнения. В простых случаях FDW может просто убрать узлы `RestrictInfo` из списка `scan_clauses` (используя функцию `extract_actual_clauses`) и поместить все предложения в список ограничений узла плана, что будет означать, что эти предложения будут проверяться исполнителем во время выполнения. Более сложные FDW могут самостоятельно проверять некоторые предложения, и в этом случае такие предложения можно удалить из списка ограничений узла, чтобы исполнитель не тратил время на их перепроверку.

Например, FDW может распознавать некоторые предложения ограничений вида *сторонняя_переменная = подвыражение*, которые, по её представлению, могут выполняться на удалённом сервере с локально вычисленным значением *подвыражения*. Собственно выявление такого предложения должно происходить в функции `GetForeignPaths`, так как это влияет на оценку стоимости пути. Эта функция может включить в поле `fdw_private` конкретного пути указатель на узел `RestrictInfo` этого предложения. Затем `GetForeignPlan` удалит это предложение из `scan_clauses`, но добавит *подвыражение* в `fdw_exprs`, чтобы оно было приведено к исполняемой форме. Она также может поместить управляющую информацию в поле `fdw_private` плана узла, которая скажет исполняющим функциям, что делать во время выполнения. Запрос, передаваемый удалённому серверу, будет содержать что-то вроде `WHERE сторонняя_переменная = $1`, а значение параметра будет получено во время выполнения в результате вычисления дерева выражения `fdw_exprs`.

Все предложения, удаляемые из списка условий узла плана, должны быть добавлены в `fdw_recheck_qual`s или перепроверены функцией `RecheckForeignScan` для обеспечения корректного поведения на уровне изоляции `READ COMMITTED`. Когда имеет место параллельное изменение в некоторой другой таблице, задействованной в запросе, исполнителю может потребоваться убедиться в том, что все исходные условия по-прежнему выполняются для кортежа, возможно, с другим набором значений параметров. Использовать `fdw_recheck_qual`s обычно проще, чем реализовывать проверки внутри `RecheckForeignScan`, но этот метод недостаточен, когда внешние соединения выносятся наружу, так как вследствие перепроверки в соединённых кортежах могут обнуляться некоторые поля, но сами кортежи не будут исключаться.

Ещё одно поле `ForeignScan`, которое могут заполнять FDW, это `fdw_scan_tlist`, описывающее кортежи, возвращаемые обёрткой для этого узла плана. Для простых сторонних таблиц в него можно записать `NIL`, из чего будет следовать, что возвращённые кортежи имеют тип, объявленный для сторонней таблицы. Отличное от `NIL` значение должно указывать на список целевых элементов (список структур `TargetEntry`), содержащий переменные и/или выражения, представляющие возвращаемые столбцы. Это можно использовать, например, чтобы показать, что FDW опустила некоторые столбцы, которые по её наблюдению не нужны для запроса. Также, если FDW может вычислить выражения, используемые в запросе, более эффективно, чем это можно сделать локально, она должна добавить эти выражения в список `fdw_scan_tlist`. Заметьте, что планы соединения (полученные из путей, созданных функцией `GetForeignJoinPaths`) должны всегда заполнять `fdw_scan_tlist`, описывая набор столбцов, которые они будут возвращать.

FDW должна всегда строить минимум один путь, зависящий только от предложений ограничения таблицы. В запросах с соединением она может также построить пути, зависящие от ограничения соединения, например *сторонняя_переменная = локальная_переменная*. Такие предложения будут отсутствовать в `baserel->baserestrictinfo`; их нужно искать в списках соединений отношений. Путь, построенный с таким предложением, называется «параметризованным». Другие отношения, задействованные в выбранном предложении соединения, должны связываться с этим путём соответствующим значением `param_info`; для получения этого значения используется `get_baserel_parampathinfo`. В `GetForeignPlan` часть *локальная_переменная* предложения соединения будет добавлена в `fdw_exprs`, и затем, во время выполнения, это будет работать так же, как и обычное предложение ограничения.

Если FDW поддерживает удалённые соединения, `GetForeignJoinPaths` должна выдавать пути `ForeignPath` для потенциально удалённых соединений почти так же, как это делает `GetForeignPaths` для базовых таблиц. Информация о выбранном соединении может быть передана функции `GetForeignPlan` так же, как было описано выше. Однако поле `baserestrictinfo` неприменимо к отношениям соединения; вместо этого соответствующие предложения соединения

для конкретного соединения передаются в `GetForeignJoinPaths` в отдельном параметре (`extra-restrictlist`).

FDW может дополнительно поддерживать прямое выполнение некоторых действий плана, находящихся выше уровня сканирований и соединений, например, группировки или агрегирования. Для реализации этой возможности FDW должна сформировать пути и вставить их в соответствующее *верхнее отношение*. Например, путь, представляющий удалённое агрегирование, должен вставляться в отношение `UPPERREL_GROUP_AGG` с помощью `add_path`. Этот путь будет сравниваться по стоимости с локальным агрегированием, выполненным по результатам пути простого сканирования стороннего отношения (заметьте, что такой путь также должен быть сформирован, иначе во время планирования произойдёт ошибка). Если путь с удалённым агрегированием выигрывает, что, как правило, и происходит, он будет преобразован в план обычным образом, вызовом `GetForeignPlan`. Такие пути рекомендуется формировать в обработчике `GetForeignUpperPaths`, который вызывается для каждого верхнего отношения (то есть на каждом шаге обработки после сканирования/соединения), если все базовые отношения запроса выдаются одной обёрткой.

`PlanForeignModify` и другие обработчики, описанные в Подразделе 57.2.4, рассчитаны на то, что стороннее отношение будет сканироваться обычным способом, а затем отдельные изменения строк будут обрабатываться локальным узлом плана `ModifyTable`. Этот подход необходим в общем случае, когда для такого изменения требуется прочитать не только сторонние, но и локальные таблицы. Однако, если операция может быть целиком выполнена сторонним сервером, FDW может построить путь, представляющий эту возможность, и вставить его в верхнее отношение `UPPERREL_FINAL`, где он будет конкурировать с подходом `ModifyTable`. Этот подход также должен применяться для реализации удалённого `SELECT FOR UPDATE`, вместо обработчиков блокировки строк, описанных в Подразделе 57.2.5. Учтите, что путь, вставляемый в `UPPERREL_FINAL`, отвечает за реализацию *всех* аспектов поведения запроса.

При планировании запросов `UPDATE` или `DELETE` функции `PlanForeignModify` и `PlanDirectModify` могут обратиться к структуре `RelOptInfo` сторонней таблицы и воспользоваться информацией `baserel->fdw_private`, записанной ранее функциями планирования сканирования. Однако при запросе `INSERT` целевая таблица не сканируется, так что для неё `RelOptInfo` не заполняется. На список (`List`), возвращаемый функцией `PlanForeignModify`, накладываются те же ограничения, что и на список `fdw_private` в узле плана `ForeignScan`, то есть он должен содержать только такие структуры, которые способна копировать функция `copyObject`.

Команда `INSERT` с предложением `ON CONFLICT` не поддерживает указание объекта конфликта, так как уникальные ограничения или ограничения-исключения в удалённых таблицах неизвестны локально. Из этого, в свою очередь, вытекает, что предложение `ON CONFLICT DO UPDATE` не поддерживается, так как в нём это указание является обязательным.

57.5. Блокировка строк в обёртках сторонних данных

Если нижележащий механизм хранения FDW поддерживает концепцию блокировки отдельных строк, предотвращающую одновременное изменение этих строк, обычно имеет смысл реализовать в FDW установление блокировок на уровне строк в приближении, настолько близком к обычным таблицам PostgreSQL, насколько это возможно и практично. При этом нужно учитывать ряд замечаний.

Первое важное решение, которое нужно принять — будет ли реализована *ранняя блокировка* или *поздняя блокировка*. С ранней блокировкой строка блокируется, когда впервые считывается из нижележащего хранилища, тогда как с поздней блокировкой строка блокируется, только когда известно, что её нужно заблокировать. (Различие возникает из-за того, что некоторые строки могут быть отброшены локально проверяемыми условиями ограничений или соединений.) Ранняя блокировка гораздо проще и не требует дополнительных обращений к удалённому хранилищу, но может вызывать блокировку строк, которые можно было бы не блокировать, что может повлечь учащение конфликтов и даже неожиданные взаимоблокировки. Кроме того, поздняя блокировка возможна, только если блокируемая строка может быть однозначно идентифицирована позже. Поэтому в идентификаторе строки следует идентифицировать определённую версию строки, как это делает TID в PostgreSQL.

По умолчанию PostgreSQL игнорирует возможности блокировки, обращаясь к FDW, но FDW может установить ранние блокировки и без явной поддержки со стороны ядра. Функции, описанные в Подразделе 57.2.5, которые были добавлены в API в PostgreSQL 9.5, позволяют FDW применять поздние блокировки, если она этого пожелает.

Также следует учесть, что в режиме изоляции `READ COMMITTED` серверу PostgreSQL может потребоваться перепроверить условия ограничений и соединения с изменённой версией некоторого целевого кортежа. Для перепроверки условий соединения требуется повторно получить копии исходных строк, которые ранее были соединены в целевой кортеж. В случае со стандартными таблицами PostgreSQL для этого в список столбцов, проходящих через соединение, включаются TID из исходных таблиц, а затем исходные строки извлекаются заново при необходимости. При таком подходе набор данных соединения остаётся компактным, но требуется недорогая операция повторного чтения строк, а также возможность однозначно идентифицировать повторно считываемую версию строки по TID. Поэтому по умолчанию при работе со сторонними таблицами в список столбцов, проходящих через соединение, включается копия всей строки, извлекаемой из сторонней таблицы. Это не накладывает специальных требований на FDW, но может привести к снижению производительности при соединении слиянием или по хешу. FDW, которая может удовлетворить требованиям повторного чтения, может реализовать первый вариант.

Для команд `UPDATE` или `DELETE` со сторонней таблицей рекомендуется, чтобы операция `ForeignScan` в целевой таблице выполняла раннюю блокировку строк, которые она выбирает, возможно, используя аналог `SELECT FOR UPDATE`. FDW может определить, является ли таблица целевой таблицей команд `UPDATE/DELETE`, во время планирования, сравнив её `relid` с `root->parse->resultRelation`, или во время планирования, вызвав `ExecRelationIsTargetRelation()`. Также возможно выполнять позднюю блокировку в обработчике `ExecForeignUpdate` или `ExecForeignDelete`, но специальной поддержки для этого нет.

Для сторонних таблиц, блокировка которых запрашивается командой `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, операция `ForeignScan` так же может произвести раннюю блокировку, выбрав кортежи, используя аналог `SELECT FOR UPDATE/SHARE`. Чтобы вместо этого произвести позднюю блокировку, предоставьте подпрограммы-обработчики, описанные в Подразделе 57.2.5. В `GetForeignRowMarkType` выберите вариант отметки строк `ROW_MARK_EXCLUSIVE`, `ROW_MARK_NOKEYEXCLUSIVE`, `ROW_MARK_SHARE` или `ROW_MARK_KEYSHARE`, в зависимости от запрошенной силы блокировки. (Код ядра будет работать одинаково при любом из этих четырёх вариантов.) Затем вы сможете определить, должна ли сторонняя таблица блокироваться командой этого типа, вызвав функцию `get_plan_rowmark` во время планирования либо `ExecFindRowMark` во время выполнения; нужно проверить не только, что возвращённая структура `rowmark` отлична от `NULL`, но и что её поле `strength` не равно `LCS_NONE`.

Наконец, для сторонних таблиц, задействованных в командах `UPDATE`, `DELETE` или `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, но не требующих блокировки строк, можно переопределить поведение по умолчанию, заключающееся в копировании строк целиком, выбрав в `GetForeignRowMarkType` вариант `ROW_MARK_REFERENCE`, получив значение силы блокировки `LCS_NONE`. В результате `RefetchForeignRow` будет вызываться с таким значением `markType`; она должна будет заново считывать строку, не запрашивая новую блокировку. (Если вы реализуете функцию `GetForeignRowMarkType`, но не хотите повторно считывать незаблокированные строки, выберите для `LCS_NONE` вариант `ROW_MARK_COPY`.)

Дополнительные сведения можно получить в `src/include/nodes/lockoptions.h`, в комментариях к `RowMarkType` и `PlanRowMark` в `src/include/nodes/plannodes.h`, и в комментариях к `ExecRowMark` в `src/include/nodes/execnodes.h`.

Глава 58. Написание метода извлечения выборки таблицы

Реализация предложения `TABLESAMPLE` в PostgreSQL поддерживает подключение собственных методов извлечения выборки таблицы, в дополнение к методам `BERNOULLI` и `SYSTEM`, которые требуются стандартом SQL. Метод выборки определяет, какие строки таблицы будут выбираться, когда используется предложение `TABLESAMPLE`.

На уровне SQL метод извлечения выборки таблицы представляется одной функцией SQL, обычно реализуемой на C, имеющей сигнатуру

```
method_name(internal) RETURNS tsm_handler
```

Имя функции будет совпадать с именем метода, указываемым в предложении `TABLESAMPLE`. Аргумент `internal` является фиктивным (в нём всегда передаётся ноль) и введён только для того, чтобы эту функцию нельзя было вызывать напрямую из команд SQL. Возвращать эта функция должна структуру типа `TsmRoutine` (выделенную вызовом `palloc`), содержащую указатели на опорные функции для метода извлечения выборки. Эти опорные функции представляют собой простые функции на C, которые не видны и не могут вызываться на уровне SQL. Эти опорные функции описаны в Разделе 58.1.

В дополнение к указателям на функции в структуре `TsmRoutine` должны задаваться следующие дополнительные поля:

```
List *parameterTypes
```

Это список OID, содержащий OID типов данных параметров, которые будут приниматься предложением `TABLESAMPLE` при использовании этого метода извлечения выборки. Например, для встроенных методов этот список содержит один элемент со значением `FLOAT4OID`, представляющий процент выборки. Другие методы могут иметь дополнительные или иные параметры.

```
bool repeatable_across_queries
```

Если это поле равно `true`, данный метод извлечения выборки может выдавать одинаковые выборки при последовательных запросах с одними и теми же параметрами и значением затравки `REPEATABLE` при условии неизменности содержимого таблицы. Если равно `false`, предложение `REPEATABLE` не будет приниматься с этим методом извлечения выборки.

```
bool repeatable_across_scans
```

Если это поле равно `true`, метод извлечения выборки может выдавать одинаковые выборки при последовательном сканировании в рамках одного запроса (предполагается неизменность параметров, значения затравки и снимка данных). Если равно `false`, планировщик не будет выбирать планы, требующие неоднократного сканирования выборки, так как это может привести к несогласованному результату запроса.

Тип структуры `TsmRoutine` объявлен в `src/include/access/tsmapi.h`, где можно найти дополнительную информацию.

Методы извлечения выборки, включённые в стандартный дистрибутив, могут послужить хорошим примером, если вы хотите написать свой метод. Код встроенных методов вы можете найти в подкаталоге `src/backend/access/tablesample` дерева исходного кода, а код дополнительных методов — в подкаталоге `contrib`.

58.1. Опорные функции метода извлечения выборки

Функция-обработчик TSM возвращает структуру `TsmRoutine` (выделенную вызовом `palloc`) с указателями на опорные функции, описанные ниже. Большинство этих функций обязательные, но некоторые — нет, и их указатели могут быть равны `NULL`.

```
void
SampleScanGetSampleSize (PlannerInfo *root,
                          RelOptInfo *baserel,
                          List *paramexprs,
                          BlockNumber *pages,
                          double *tuples);
```

Эта функция вызывается во время планирования. Она должна рассчитать число страниц отношения, которые будут прочитаны при простом сканировании, и число кортежей, выбираемых при сканировании. (Например, эти числа можно получить, оценив процент выбираемых данных, а затем умножив `baserel->pages` и `baserel->tuples` на это значение и округлив результат до целых.) Список `paramexprs` содержит выражения, переданные в параметрах предложению `TABLESAMPLE`. Если для целей оценивания нужны их значения, рекомендуется воспользоваться `estimate_expression_value()`, чтобы попытаться свести эти выражения к константам; но данная функция должна выдавать оценку размера, даже если это не удастся, и не должна выдавать ошибку, даже если считает переданные значения неверными (помните, что это только приблизительные оценки чисел, которые будут получены во время выполнения). Параметры `pages` и `tuples` являются выходными.

```
void
InitSampleScan (SampleScanState *node,
                int eflags);
```

Выполняет инициализацию перед выполнением узла плана `SampleScan`. Эта функция вызывается при запуске исполнителя. Она должна выполнить все подготовительные действия, необходимые для начала обработки. Узел `SampleScanState` уже был создан, но его поле `tsm_state` содержит `NULL`. Функция `InitSampleScan` может выделить через `palloc` область для любых внутренних данных, нужных методу извлечения выборки, и сохранить указатель на неё в `node->tsm_state`. Информацию о сканируемой таблице можно получить через другие поля узла `SampleScanState` (но заметьте, что дескриптор сканирования `node->ss.ss_currentScanDesc` ещё не настроен). Параметр `eflags` содержит битовые флаги, описывающие режим работы исполнителя для этого узла плана.

Когда `(eflags & EXEC_FLAG_EXPLAIN_ONLY)` не равно нулю, собственно сканирование не будет выполняться, поэтому эта функция должна сделать только то, что необходимо для получения состояния узла, подходящего для `EXPLAIN` и `EndSampleScan`.

Эту функцию можно опустить (присвоить указателю `NULL`), тогда вся инициализация, необходимая для метода извлечения выборки, должна иметь место в `BeginSampleScan`.

```
void
BeginSampleScan (SampleScanState *node,
                 Datum *params,
                 int nparams,
                 uint32 seed);
```

Начинает выполнение сканирования выборки. Эта функция вызывается непосредственно перед первой попыткой выбрать кортеж и может вызываться повторно, если потребуется перезапустить сканирование. Информацию о сканируемой таблице можно получить через поля узла `SampleScanState` (но заметьте, что дескриптор сканирования `node->ss.ss_currentScanDesc` ещё не настроен). Массив `params`, длины `nparams`, содержит значения параметров, переданных в предложении `TABLESAMPLE`. Их количество и типы задаются в списке `parameterTypes` метода выборки, и они гарантированно не равны `NULL`. Параметр `seed` содержит значение затравки, которое этот метод должен учитывать при генерации любых случайных чисел; это либо хеш, полученный из значения `REPEATABLE`, если оно было передано, либо результат `random()` в противном случае.

Эта функция может скорректировать поля `node->use_bulkread` и `node->use_pagemode`. Если поле `node->use_bulkread` равно `true` (это значение по умолчанию), при сканировании будет использоваться стратегия доступа к буферу, ориентированная на переработку буферов после использования. Может быть разумным присвоить ему `false`, если при сканировании будет просматриваться только небольшой процент страниц. Если поле `node->use_pagemode` равно `true` (это значение по

умолчанию), при сканировании проверка видимости будет выполняться в один проход для всех кортежей на каждой просматриваемой странице. Может иметь смысл присвоить ему `false`, если при сканировании выбирается только небольшой процент кортежей на странице. В результате будет выполняться меньше проверок видимости кортежей, хотя каждая проверка будет дороже, так как потребует расширенную блокировку.

Если метод выборки помечен как `repeatable_across_scans`, он должен быть способен выбирать при повторном сканировании тот же набор кортежей, что был выбран в первый раз, то есть новый вызов `BeginSampleScan` должен приводить к выборке тех же кортежей, что и предыдущий (если параметры `TABLESAMPLE` и значение затравки не меняются).

```
BlockNumber
NextSampleBlock (SampleScanState *node);
```

Возвращает номер блока следующей сканируемой страницы либо `InvalidBlockNumber`, если страниц для сканирования не осталось.

Эту функцию можно опустить (присвоить её указателю `NULL`), в этом случае код ядра произведёт последовательное сканирование всего отношения. Такое сканирование может быть синхронизированным, так что метод выборки не должен полагать, что страницы отношения каждый раз просматриваются в одном и том же порядке.

```
OffsetNumber
NextSampleTuple (SampleScanState *node,
                BlockNumber blockno,
                OffsetNumber maxoffset);
```

Возвращает номер смещения следующего кортежа, выбираемого с указанной страницы, либо `InvalidOffsetNumber`, если кортежей для выборки не осталось. В `maxoffset` задаётся максимальный номер смещения, допустимый на этой странице.

Примечание

`NextSampleTuple` не говорит явно, для каких из номеров смещений в диапазоне `1 .. maxoffset` действительно содержатся актуальные кортежи. Это обычно не проблема, так как код ядра игнорирует запросы на выборку несуществующих или невидимых кортежей; это не должно приводить к отклонениям в выборке. Однако при необходимости функция может проверить `node->ss.ss_currentScanDesc->rs_vistuples[]` и понять, какие кортежи актуальны и видимы. (Для этого требуется, чтобы признак `node->use_pagemode` равнялся `true`.)

Примечание

Функция `NextSampleTuple` *не* должна полагать, что в `blockno` будет получен тот же номер страницы, что был выдан при последнем вызове `NextSampleBlock`. Этот номер определён был выдан при каком-то предыдущем вызове `NextSampleBlock`, но код ядра может вызывать `NextSampleBlock` перед тем, как собственно сканировать страницы, для поддержки упреждающего чтения. Однако можно рассчитывать на то, что как только начнётся выборка кортежей с одной данной страницы, все последующие вызовы `NextSampleTuple` будут обращаться к этой странице, пока не будет возвращено значение `InvalidOffsetNumber`.

```
void
EndSampleScan (SampleScanState *node);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Обычно при этом не нужно освобождать память, выделенную через `ralloc`, но все видимые извне ресурсы должны быть очищены. Эту функцию чаще всего можно опустить (присвоить её указателю `NULL`), если таких ресурсов нет.

Глава 59. Написание провайдера нестандартного сканирования

PostgreSQL поддерживает набор экспериментальных средств, предназначенных для того, чтобы модули расширения могли добавлять в систему новые типы сканирования. В отличие от обёртки сторонних данных, которая должна знать, как сканировать только собственные таблицы, провайдер сканирования может реализовать нестандартный вариант сканирования любого отношения в системе. Обычно к написанию провайдера нестандартного сканирования подталкивает желание реализовать какую-то оптимизацию, не поддерживаемую основной системой, например, кеширование или аппаратное ускорение некоторого рода. В этой главе рассказывается, как написать свой провайдер нестандартного сканирования.

Процесс реализации нестандартного сканирования нового типа состоит из трёх этапов. Во-первых, во время планирования необходимо построить пути доступа, представляющие сканирование с предлагаемой стратегией. Во-вторых, если один из этих путей доступа выбирается планировщиком как оптимальная стратегия сканирования определённого отношения, этот путь доступа должен быть преобразован в план. Наконец, должно быть возможно выполнить этот план, получив при этом те же результаты, что были бы получены с любым другим путём доступа, выбранным для того же отношения.

59.1. Создание нестандартных путей сканирования

Провайдер нестандартного сканирования обычно добавляет пути для базового отношения, установив следующий обработчик, который вызывается после того, как ядро системы построит, по её мнению, полный и корректный набор путей доступа для отношения.

```
typedef void (*set_rel_pathlist_hook_type) (PlannerInfo *root,
                                           RelOptInfo *rel,
                                           Index rti,
                                           RangeTblEntry *rte);

extern PGDLLIMPORT set_rel_pathlist_hook_type set_rel_pathlist_hook;
```

Хотя эта функция-обработчик может изучать, изменять или удалять пути, сформированные основной системой, провайдер нестандартного сканирования обычно ограничивается созданием объектов `CustomPath` и добавлением их в `rel` (с помощью `add_path`). Провайдер нестандартного сканирования отвечает за инициализацию объекта `CustomPath`, который описан так:

```
typedef struct CustomPath
{
    Path      path;
    uint32    flags;
    List      *custom_paths;
    List      *custom_private;
    const CustomPathMethods *methods;
} CustomPath;
```

Поле `path` должно инициализироваться как для любого другого пути и включать оценку числа строк, стоимость запуска и общую, а также порядок сортировки, устанавливаемый этим путём. Поле `flags` задаёт битовую маску, которая должна включать флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_BACKWARD_SCAN`, если нестандартный путь поддерживает сканирование назад, и `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`, если он поддерживает пометку позиции и её восстановление. Обе эти возможности являются факультативными. В необязательном поле `custom_paths` задаётся список узлов `Path`, используемых данным узлом; они будут преобразованы планировщиком в узлы `Plan`. В поле `custom_private` могут быть сохранены внутренние данные нестандартного пути. Сохранять их нужно в форме, которую может принять `nodeToString`, чтобы отладочные процедуры, пытающиеся вывести нестандартный путь, работали ожидаемым образом. Поле `methods` должно указывать на объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы нестандартного пути (на данный момент это один метод). В этом объекте также должны быть инициа-

лизированы поля `LibraryName` и `SymbolName`, чтобы динамический загрузчик мог разрешить их и загрузить таблицу методов.

Провайдер нестандартного сканирования может также реализовать пути соединений. Как и для базовых отношений, такой путь должен выдавать тот же результат, какой был бы получен обычным соединением, которое он заменяет. Для этого провайдер соединения должен установить следующий обработчик, а затем внутри функции-обработчика создать пути `CustomPath` для отношения соединения.

```
typedef void (*set_join_pathlist_hook_type) (PlannerInfo *root,
                                             RelOptInfo *joinrel,
                                             RelOptInfo *outerrel,
                                             RelOptInfo *innerrel,
                                             JoinType jointype,
                                             JoinPathExtraData *extra);
extern PGDLLIMPORT set_join_pathlist_hook_type set_join_pathlist_hook;
```

Этот обработчик будет вызываться многократно для одного отношения соединения с разными сочетаниями внутренних и внешних отношений; задача обработчика — минимизировать при этом дублирующиеся операции.

59.1.1. Обработчики пути нестандартного сканирования

```
Plan *(*PlanCustomPath) (PlannerInfo *root,
                          RelOptInfo *rel,
                          CustomPath *best_path,
                          List *tlist,
                          List *clauses,
                          List *custom_plans);
```

Преобразует нестандартный путь в законченный план. Возвращаемым значением обычно будет объект `CustomScan`, который этот обработчик должен разместить в памяти и инициализировать. За подробностями обратитесь к Разделу 59.2.

59.2. Создание нестандартных планов сканирования

Нестандартное сканирование представляется в окончательном дереве плана в виде следующей структуры:

```
typedef struct CustomScan
{
    Scan        scan;
    uint32      flags;
    List        *custom_plans;
    List        *custom_exprs;
    List        *custom_private;
    List        *custom_scan_tlist;
    Bitmapset   *custom_relids;
    const CustomScanMethods *methods;
} CustomScan;
```

Объект в поле `scan` должен быть инициализирован, как и для любого другого сканирования, и включать оценки стоимости, целевые списки, условия и т. д. Поле `flags` содержит битовую маску с тем же значением, что и в `CustomPath`. В поле `custom_plans` могут быть сохранены дочерние узлы `Plan`. В `custom_exprs` могут быть сохранены деревья выражений, которые будут исправляться кодом в `setrefs.c` и `subselect.c`, а в `custom_private` следует сохранить другие внутренние данные, которые будут использоваться только самим провайдером нестандартного сканирования. Поле `custom_scan_tlist` может содержать `NIL` при сканировании базового отношения, что будет показывать, что нестандартное сканирование возвращает кортежи, соответствующие типу строк базового отношения. В противном случае оно должно указывать на целевой список, описывающий

фактические кортежи. Список `custom_scan_tlist` должен устанавливаться при соединениях и может задаваться при сканировании, если провайдер сканирования может вычислять какие-либо выражения без переменных. Поле `custom_relids` заполняется ядром и задаёт набор отношений (индексов в списке отношений), которые обрабатывает данный узел сканирования; когда имеет место сканирование, а не соединение, в этом списке будет всего один элемент. Поле `methods` должно указывать на объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы нестандартного сканирования, которые подробнее описываются ниже.

Когда `CustomScan` сканирует одно отношение, в `scan.scanrelid` должен задаваться индекс сканируемой таблицы в списке отношений. Когда он заменяет соединение, поле `scan.scanrelid` должно быть нулевым.

Деревья планов должны поддерживать возможность копирования функцией `copyObject`, так что все данные, сохранённые в «дополнительных» полях, должны быть узлами, которые может обработать эта функция. Более того, провайдеры нестандартного сканирования не могут заменять структуру `CustomScan` расширенной структурой, её содержащей, что возможно с `CustomPath` или `CustomScanState`.

59.2.1. Обработчики плана нестандартного сканирования

```
Node *(*CreateCustomScanState) (CustomScan *cscan);
```

Выделяет структуру `CustomScanState` для заданного объекта `CustomScan`. Фактически выделенная область будет обычно больше, чем требуется для самой структуры `CustomScanState`, так как многие провайдеры могут включать её в расширенную структуру в качестве первого поля. В возвращаемом значении должны быть подходящим образом заполнены тег узла и поле `methods`, но другие поля на данном этапе должны быть обнулены; после того как `ExecInitCustomScan` произведёт базовую инициализацию, будет вызван обработчик `BeginCustomScan`, в котором провайдер нестандартного сканирования может выполнить все остальные требуемые действия.

59.3. Выполнение нестандартного сканирования

Когда выполняется узел `CustomScan`, его состояние представляется структурой `CustomScanState`, объявленной следующим образом:

```
typedef struct CustomScanState
{
    ScanState ss;
    uint32    flags;
    const CustomExecMethods *methods;
} CustomScanState;
```

Поле `ss` инициализируется как и для состояния любого другого сканирования, за исключением того, что когда это сканирование для соединения, а не для базового отношения, в `ss.ss_currentRelation` остаётся `NULL`. Поле `flags` содержит битовую маску с тем же значением, что и в `CustomPath` и `CustomScan`. Поле `methods` должно указывать на объект (обычно статически размещённый), реализующий требуемые методы состояния нестандартного сканирования, подробнее описанные ниже. Обычно структура `CustomScanState`, которой не нужно поддерживать `copyObject`, фактически включается в расширенную структуру в качестве её первого члена.

59.3.1. Обработчики выполнения нестандартного сканирования

```
void (*BeginCustomScan) (CustomScanState *node,
                        Estate *estate,
                        int eflags);
```

Завершает инициализацию переданного объекта `CustomScanState`. Стандартные поля инициализируются в `ExecInitCustomScan`, но все внутренние поля должны инициализироваться здесь.

```
TupleTableSlot *(*ExecCustomScan) (CustomScanState *node);
```


Считывает следующий кортеж. В случае наличия кортежей эта функция должна записать в `ps_ResultTupleSlot` следующий кортеж в текущем направлении сканирования и вернуть слот с кортежем. Если же кортежей больше нет, она должна вернуть `NULL` или пустой слот.

```
void (*EndCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Очищает все внутренние данные, связанные с `CustomScanState`. Этот метод является обязательным, но он может ничего не делать, если такие данные отсутствуют или они будут очищены автоматически.

```
void (*ReScanCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Возвращает позицию текущего сканирования в начало и подготавливает повторное сканирование отношения.

```
void (*MarkPosCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Сохраняет текущую позицию сканирования, чтобы к ней впоследствии можно было вернуться, вызвав обработчик `RestrPosCustomScan`. Данный обработчик является необязательным и должен присутствовать, только если установлен флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`.

```
void (*RestrPosCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Восстанавливает предыдущую позицию сканирования, сохранённую обработчиком `MarkPosCustomScan`. Данный обработчик является необязательным и должен присутствовать, только если установлен флаг `CUSTOMPATH_SUPPORT_MARK_RESTORE`.

```
Size (*EstimateDSMCustomScan) (CustomScanState *node,  
                               ParallelContext *pcxt);
```

Оценивает объём динамической разделяемой памяти, которая потребуется для параллельной операции. Это значение может превышать объём, который будет занят фактически, но не должно быть меньше. Возвращаемое значение задаётся в байтах. Этот обработчик не является обязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*InitializeDSMCustomScan) (CustomScanState *node,  
                                ParallelContext *pcxt,  
                                void *coordinate);
```

Инициализирует динамическую разделяемую память, которая потребуется для параллельной операции; `coordinate` указывает на область разделяемой памяти размера, равного возвращаемому значению `EstimateDSMCustomScan`. Этот обработчик является необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*ReInitializeDSMCustomScan) (CustomScanState *node,  
                                  ParallelContext *pcxt,  
                                  void *coordinate);
```

Заново инициализирует динамическую разделяемую память, требуемую для параллельной операции, перед тем как будет повторно просканирован узел нестандартного сканирования. Этот обработчик является необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение. В этом обработчике рекомендуется сбрасывать только общее состояние, а в обработчике `ReScanCustomScan` сбрасывать только локальное. В настоящее время этот обработчик будет вызываться перед `ReScanCustomScan`, но лучше на этот порядок не рассчитывать.

```
void (*InitializeWorkerCustomScan) (CustomScanState *node,  
                                    shm_toc *toc,  
                                    void *coordinate);
```

Инициализирует локальное состояние параллельного исполнителя на основе общего состояния, заданного ведущим исполнителем во время `InitializeDSMCustomScan`. Этот обработчик является

необязательным и должен устанавливаться, только если провайдер нестандартного сканирования поддерживает параллельное выполнение.

```
void (*ShutdownCustomScan) (CustomScanState *node);
```

Освобождает ресурсы, когда становится понятно, что этот узел больше не будет выполняться. Этот обработчик вызывается не во всех случаях; иногда может вызываться только `EndCustomScan`. Так как сегмент DSM, используемый параллельным запросом, освобождается сразу после вызова этого обработчика, провайдеры нестандартного сканирования, которым нужно выполнять некоторые действия до ликвидации сегмента DSM, должны реализовывать этот метод.

```
void (*ExplainCustomScan) (CustomScanState *node,  
                           List *ancestors,  
                           ExplainState *es);
```

Выводит дополнительную информацию для `EXPLAIN` об узле нестандартного сканирования. Этот обработчик является необязательным. Общие данные, сохранённые в `ScanState`, такие как целевой список и сканируемое отношение, будут выводиться и без этого обработчика, но с помощью этого обработчика можно выдать дополнительные, внутренние сведения.

Глава 60. Генетический оптимизатор запросов

Автор

Разработал Мартин Утеш (<utesch@aut.tu-freiberg.de>) для Института автоматического управления в Техническом университете Фрайбергская горная академия, Германия.

60.1. Обработка запроса как сложная задача оптимизации

Среди всех реляционных операторов самым сложным для обработки и оптимизации является *соединение*. В первую очередь потому, что по мере увеличения числа соединений в запросе число возможных планов запроса увеличивается экспоненциально. Дополнительная сложность оптимизации связана с наличием различных *методов соединения* (например, в PostgreSQL это вложенный цикл, соединение по хешу и соединение слиянием) для каждого отдельного соединения и разнообразием *индексов* (например, в PostgreSQL это B-дерево, хеш, GiST и GIN), определяющих путь доступа к отношениям.

Традиционный оптимизатор запросов PostgreSQL выполняет *почти исчерпывающий поиск* во всём множестве возможных стратегий. Этот алгоритм, появившийся в СУБД IBM System R, находит порядок соединений, близкий к оптимальному, но может требовать огромного количества времени и памяти, когда число соединений оказывается большим. В результате обычный оптимизатор PostgreSQL оказывается неподходящим для запросов, в которых соединяется большое количество таблиц.

Институт автоматического управления в Техническом университете Фрайбергская горная академия, Германия, столкнулся с этими проблемами, разрабатывая систему принятия решений на основе базы знаний для обслуживания электростанций, в которой в качестве СУБД планировалось применять PostgreSQL. Для машины, делающей выводы на основе базы знаний, СУБД должна была выполнять запросы с таким количеством соединений, что использование обычного оптимизатора запросов оказалось неприемлемым.

Далее мы опишем реализацию *генетического алгоритма*, который решает проблему выбора порядка соединений эффективным способом для запросов с большим числом соединений.

60.2. Генетические алгоритмы

Генетический алгоритм (ГА) реализует метод эвристической оптимизации, построенный на случайном поиске. В данном контексте множество возможных решений проблемы оптимизации называется *популяцией особей*. Степень адаптации особи к среде определяет функция *приспособленности*.

Координаты особи в пространстве поиска представляются *хромосомами*, которые по сути являются символьными строками. Фрагмент хромосомы, кодирующий значение одного оптимизируемого параметра, называется *геном*. Обычно ген кодируется в виде *двоичного* или *целочисленного* значения.

В результате симуляции эволюционных операций (*скрещивания*, *мутации* и *селекции*) данный алгоритм формирует новые поколения особей, у которых приспособленность в среднем будет выше, чем у их предшественников.

Как сказано в ответах на вопросы в группе comp.ai.genetic, нельзя не отметить, что ГА реализует не чисто случайный поиск решения проблемы. В ГА происходят вероятностные процессы, но результат явно оказывается не случайным (лучше случайного).

Рисунок 60.1. Диаграмма структуры генетического алгоритма

P(t)	поколение предков на момент t
P''(t)	поколение потомков на момент t
+=====+	
>>>>>>>> Алгоритм ГА <<<<<<<<<<<<<<<	
+=====+	
ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ t := 0	
+=====+	
ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ P (t)	
+=====+	
вычислить ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ P (t)	
+=====+	
пока не выполняется УСЛОВИЕ ОСТАНОВКИ	
+-----+	
P' (t) := СКРЕЩИВАНИЕ{P (t) }	
+-----+	
P'' (t) := МУТАЦИЯ{P' (t) }	
+-----+	
P(t+1) := СЕЛЕКЦИЯ{P'' (t) + P (t) }	
+-----+	
вычислить ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ P'' (t)	
+-----+	
t := t + 1	
+=====+	

60.3. Генетическая оптимизация запросов (GEQO) в PostgreSQL

Модуль GEQO (Genetic Query Optimization, Генетическая оптимизация запросов) подходит к проблеме оптимизации запроса как к хорошо известной задаче коммивояжёра (TSP, Traveling Salesman Problem). Возможные планы запроса кодируются числами в строковом виде. Каждая строка представляет порядок соединения одного отношения из запроса со следующим. Например, дерево соединения

$$\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \diagdown \quad \diagup \quad 2 \\ \diagdown \quad \diagup \quad 3 \\ 4 \qquad 1 \end{array}$$

кодируется строкой целых чисел '4-1-3-2', которая означает: сначала соединить отношения '4' и '1', потом добавить '3', а затем '2', где 1, 2, 3, 4 — идентификаторы отношений внутри оптимизатора PostgreSQL.

Реализация GEQO в PostgreSQL имеет следующие особые характеристики:

- Использование ГА с *зафиксированным состоянием* (когда заменяются наименее приспособленные особи популяции, а не всё поколение) способствует быстрой сходимости к улучшенным планам запроса. Это важно для обработки запроса за приемлемое время;
- Использование *скрещивания с обменом рёбер*, которое очень удачно минимизирует число потерянных рёбер при решении задачи коммивояжёра с применением ГА;
- Мутация как генетический оператор считается устаревшей, так что для получения допустимых путей TSP не требуются механизмы исправления.

Части модуля GEQO взяты из алгоритма Genitor, разработанного Д. Уитли.

В результате, модуль GEQO позволяет оптимизатору запросов PostgreSQL эффективно выполнять запросы со множеством соединений, обходясь без полного перебора вариантов.

60.3.1. Построение возможных планов с GEQO

В процедуре планирования в GEQO используется код стандартного планировщика, который строит планы сканирования отдельных отношений. Затем вырабатываются планы соединений с применением генетического подхода. Как было сказано выше, каждый план соединения представляется последовательностью чисел, определяющей порядок соединений базовых отношений. На начальной стадии код GEQO просто случайным образом генерирует несколько возможных последовательностей. Затем для каждой рассматриваемой последовательности вызывается функция стандартного планировщика, оценивающая стоимость запроса в случае выбора этого порядка соединений. (Для каждого шага последовательности рассматриваются все три возможные стратегии соединения и все изначально выбранные планы сканирования отношений. Результирующей оценкой стоимости будет минимальная из всех возможных.) Последовательности соединений с наименьшей оценкой стоимости считаются «более приспособленными», чем последовательности с большей оценкой. Проанализировав возможные последовательности, генетический алгоритм отбрасывает наименее приспособленные из них. Затем генерируются новые кандидаты путём объединения генов более приспособленных последовательностей — для этого выбираются случайные фрагменты известных последовательностей с низкой стоимостью, из которых складываются новые последовательности для рассмотрения. Этот процесс повторяется, пока не будет рассмотрено некоторое предопределённое количество последовательностей соединений; после этого для построения окончательного плана выбирается лучшая последовательность, найденная за всё время поиска.

Этот процесс по природе своей недетерминирован, вследствие случайного выбора при формировании начальной популяции и последующей «мутации» лучших кандидатов. Но во избежание неожиданных изменений выбранного плана, на каждом проходе алгоритм GEQO перезапускает свой генератор случайных чисел с текущим значением параметра `geqo_seed`. Поэтому пока значение `geqo_seed` и другие параметры GEQO остаются неизменными, для определённого запроса (и других входных данных планировщика, в частности, статистики) будет строиться один и тот же план. Если вы хотите поэкспериментировать с разными путями соединений, попробуйте изменить `geqo_seed`.

60.3.2. Будущее развитие модуля PostgreSQL GEQO

Требуется провести дополнительную работу для выбора оптимальных параметров генетического алгоритма. В файле `src/backend/optimizer/geqo/geqo_main.c`, подпрограммах `gimme_pool_size` и `gimme_number_generations`, мы должны найти компромиссные значения параметров, удовлетворяющие двум несовместимым требованиям:

- Оптимальность плана запроса
- Время вычисления

В текущей реализации приспособленность каждой рассматриваемой последовательности соединений рассчитывается стандартным планировщиком, который каждый раз вычисляет избирательность соединения и стоимость заново. С учётом того, что различные кандидаты могут содержать общие подпоследовательности соединений, при этом будет повторяться большой объём работы. Таким образом, расчёт можно значительно ускорить, сохраняя оценки стоимости для внутренних соединений, но сложность состоит в том, чтобы уместить это состояние в разумные объёмы памяти.

На более общем уровне не вполне понятно, насколько уместно для оптимизации запросов использовать ГА, предназначенный для решения задачи коммивояжёра. В этой задаче стоимость, связанная с любой подстрокой (частью тура) не зависит от остального маршрута, но это определённо не так для оптимизации запросов. Таким образом, возникает вопрос, насколько эффективно скрещивание путём обмена рёбрами.

60.4. Дополнительные источники информации

Дополнительную информацию о генетических алгоритмах можно получить в следующих источниках:

- *The Hitch-Hiker's Guide to Evolutionary Computation*, (Руководство для путешествующих авто-стопом по эволюционным вычислениям, Ответы на часто задаваемые вопросы в группе `news://comp.ai.genetic`)

- *Evolutionary Computation and its application to art and design* (Эволюционные вычисления и их применение в искусстве и дизайне), Крейг Рейнольдс
- elma04
- fong

Глава 61. Определение интерфейса для методов доступа индекса

В этой главе описывается интерфейс между ядром системы PostgreSQL и *методами доступа индексов*, которые управляют отдельными типами индексов. Ядро системы не знает об индексах ничего, кроме того, что описано здесь; благодаря этому можно реализовывать абсолютно новые типы индексов, разрабатывая код в виде расширения.

Все индексы PostgreSQL являются, говоря на техническом уровне, *вторичными индексами*; то есть, они физически отделены от файла таблицы, к которой относятся. Каждый индекс хранится в собственном отдельном физическом *отношении* и описывается в отдельной записи в каталоге `pg_class`. Содержимое индекса находится полностью под контролем соответствующего метода доступа. На практике все методы доступа индексов делят индексы на страницы стандартного размера, чтобы для обращения к содержимому индекса можно было задействовать обычный менеджер хранилища и менеджер буферов. (Более того, большинство существующих методов доступа используют одну структуру страницы, описанную в Разделе 68.6, и одинаковый формат заголовков кортежей индекса; но эти решения методам доступа не навязываются.)

Индекс по сути представляет собой сопоставление некоторых значений ключей данных с *идентификаторами кортежей*, TID (Tuple Identifier), или версиями строк в основной таблице индекса. TID состоит из номера блока и номера записи в этом блоке (см. Раздел 68.6). Этой информации достаточно, чтобы выбрать определённую версию строки из таблицы. Индексы сами по себе не знают, что в модели MVCC у одной логической строки может быть несколько существующих версий; для индекса каждый кортеж — независимый объект, которому нужна своя запись в индексе. Таким образом, при изменении строки для неё всегда заново создаются новые записи индекса, даже если значения ключа не изменились. (Кортежи HOT представляют собой исключение из этого утверждения; но индексы всё равно не имеют с этим дела.) Записи индексов для мёртвых кортежей высвобождаются (при очистке), когда высвобождаются сами мёртвые кортежи.

61.1. Базовая структура API для индексов

Каждый метод доступа индекса описывается строкой в системном каталоге `pg_am`. В записи `pg_am` указывается имя и *функция-обработчик* для метода доступа. Эти записи могут создаваться и удаляться командами SQL `CREATE ACCESS METHOD` и `DROP ACCESS METHOD`.

Функция-обработчик метода доступа должна объявляться как принимающая один аргумент типа `internal` и возвращающая псевдотип `index_am_handler`. Аргумент в данном случае фиктивный, и нужен только для того, чтобы эту функцию нельзя было вызывать непосредственно из команд SQL. Возвращать эта функция должна структуру типа `IndexAmRoutine` (в памяти `palloc`), содержащую всё, что нужно знать коду ядра, чтобы использовать этот метод доступа. Структура `IndexAmRoutine`, также называемая *структурой API* метода доступа, содержит поля, задающие разнообразные предопределённые свойства метода доступа, например, поддерживает ли он составные индексы. Что более важно, она содержит указатели на опорные функции для метода доступа. Это обычные функции на C и они не видны и не могут быть вызваны на уровне SQL. Опорные функции описаны в Разделе 61.2.

Структура `IndexAmRoutine` определяется так:

```
typedef struct IndexAmRoutine
{
    NodeTag      type;

    /*
     * Общее число стратегий (операторов), с которыми возможен поиск/применение
     * этого метода доступа (МД). Ноль, если у этого МД нет фиксированного набора
     * назначенных стратегий.
     */
    uint16      amstrategies;
```

Определение интерфейса для методов доступа индекса

```
/* общее число опорных функций, используемых этим МД */
uint16      amsupport;
/* поддерживает ли МД упорядочивание (ORDER BY) значений индексированного столбца? */
bool        amcanorder;
/* поддерживает ли МД упорядочивание (ORDER BY) результата оператора с
индексированным столбцом? */
bool        amcanorderbyop;
/* поддерживает ли МД сканирование в обратном направлении? */
bool        amcanbackward;
/* поддерживает ли МД уникальные индексы (UNIQUE)? */
bool        amcanunique;
/* поддерживает ли МД индексы с несколькими столбцами? */
bool        amcanmulticol;
/* требуется ли для сканирования с МД ограничение первого столбца индекса? */
bool        amoptionalkey;
/* воспринимает ли МД условия ScalarArrayOpExpr? */
bool        amsearcharray;
/* воспринимает ли МД условия IS NULL/IS NOT NULL? */
bool        amsearchnulls;
/* может ли тип, хранящийся в индексе, отличаться от типа столбца? */
bool        amstorage;
/* возможна ли кластеризация по индексу этого типа? */
bool        amclusterable;
/* МД обрабатывает предикатные блокировки? */
bool        ampredlocks;
/* МД поддерживает параллельное сканирование? */
bool        amcanparallel;
/* МД поддерживает столбцы, включённые в индекс с помощью INCLUDE? */
bool        amcaninclude;
/* тип данных, хранящихся в индексе, либо InvalidOid, если он переменный */
Oid         amkeytype;

/* интерфейсные функции */
ambuild_function ambuild;
ambuildempty_function ambuildempty;
aminert_function aminert;
ambulkdelete_function ambulkdelete;
amvacuumcleanup_function amvacuumcleanup;
amcanreturn_function amcanreturn; /* может быть NULL */
amcostestimate_function amcostestimate;
amoptions_function amoptions;
amproperty_function amproperty; /* может быть NULL */
amvalidate_function amvalidate;
ambeginscan_function ambeginscan;
amrescan_function amrescan;
amgettupple_function amgettupple; /* может быть NULL */
amgetbitmap_function amgetbitmap; /* может быть NULL */
amendscan_function amendscan;
ammarkpos_function ammarkpos; /* может быть NULL */
amrestrpos_function amrestrpos; /* может быть NULL */

/* интерфейсные функции для поддержки параллельного сканирования по индексу */
amestimateparallelscan_function amestimateparallelscan; /* может быть NULL */
aminitparallelscan_function aminitparallelscan; /* может быть NULL */
amparallelrescan_function amparallelrescan; /* может быть NULL */
} IndexAmRoutine;
```


Чтобы метод доступа индекса применялся, необходимо также определить *семейства операторов* и *классы операторов* в `pg_opfamily`, `pg_opclass`, `pg_amop` и `pg_amproc`. Эти записи позволяют планировщику понять, для каких видов условий запросов могут применяться индексы с данными методом доступа. Семейства и классы операторов описываются в Разделе 38.15; этот материал необходимо изучить, прежде чем читать данную главу.

Отдельный индекс определяется записью в `pg_class`, описывающей его как физическое отношение, и записью в `pg_index`, представляющей логическое содержание индекса — то есть, набор столбцов индекса и семантическое значение этих столбцов, установленное соответствующими классами операторов. Столбцами индекса (значениями ключа) могут быть либо простые столбцы нижележащей таблицы, либо выражения, вычисляемые по строкам таблицы. Для метода доступа индекса обычно не важно, откуда поступают значения ключа индекса (они всегда поступают в вычисленном виде), но очень важна информация о классе операторов в каталоге `pg_index`. Обе эти записи каталогов представлены в составе структуры данных `Relation`, которая передаётся всем функциям, реализующим операции с индексом.

С некоторыми полями флагов в `IndexAmRoutine` связаны неочевидные следствия. Требования индексов с `amcanunique` описаны в Разделе 61.5. Флаг `amcanmulticol` показывает, что метод доступа поддерживает составные индексы, а `amoptionalkey` обозначает, что метод позволяет выполнить сканирование при отсутствии индексируемого ограничивающего условия для первого столбца индекса. Когда `amcanmulticol` равен `false`, `amoptionalkey` по сути говорит, поддерживает ли метод доступа полное сканирование по индексу без ограничивающего условия. Методы доступа, поддерживающие индексы по нескольким столбцам, *должны* поддерживать сканирования при отсутствии ограничений любых или всех столбцов после первого; однако они могут требовать присутствия какого-либо ограничения для первого столбца индекса, и это требование отмечается значением `false` флага `amoptionalkey`. В `amoptionalkey` для метода доступа может устанавливаться `false`, например, когда этот метод доступа не индексирует значения. Так как большинство индексируемых операторов — строгие, и поэтому не могут вернуть `true` для операндов `NULL`, на первый взгляд кажется заманчивой идея не хранить записи индекса для значений `NULL`: они всё равно никак не могут быть прочитаны при сканировании индекса. Однако этот аргумент отпадает, когда при сканировании индекса вовсе отсутствует ограничение данного столбца индекса. На практике это означает, что индексы с установленным флагом `amoptionalkey` должны индексировать значения `NULL`, так как планировщик может склониться к использованию этого индекса вообще без ключей. С этим связано ещё одно ограничение — метод доступа индекса, поддерживающий составные индексы, *должен* поддерживать индексирование значений `NULL` в столбцах после первого, так как планировщик будет полагать, что индекс можно применять для запросов, в которых эти столбцы не ограничиваются. Например, рассмотрим индекс по (a,b) и запрос с ограничением `WHERE a = 4`. Система будет полагать, что по этому индексу можно просканировать строки с $a = 4$, но это будет неверно, если индекс исключит строки, в которых b — `NULL`. Однако, этот индекс вполне может исключить строки, в которых первый столбец содержит `NULL`. Метод индекса, который индексирует значения `NULL`, может также установить флаг `amsearchnulls`, отметив тем самым, что он поддерживает в качестве условий поиска `IS NULL` и `IS NOT NULL`.

61.2. Функции для метода доступа индекса

Метод доступа индекса должен определить в `IndexAmRoutine` следующие функции построения и обслуживания индексов:

```
IndexBuildResult *
ambuild (Relation heapRelation,
         Relation indexRelation,
         IndexInfo *indexInfo);
```

Строит новый индекс. Отношение индекса уже физически создано, но пока пусто. Оно должно быть наполнено фиксированными данными, которые требуются методу доступа, и записями для всех кортежей, уже существующих в таблице. Обычно функция `ambuild` вызывает `IndexBuildHeapScan()` для поиска в таблице существующих кортежей и для вычисления ключей, которые должны вставляться в этот индекс. Эта функция должна возвращать структуру, выделенную вызовом `palloc` и содержащую статистику нового индекса.

```
void  
ambuildempty (Relation indexRelation);
```

Создаёт пустой индекс и записывает его в слой инициализации (INIT_FORKNUM) данного отношения. Этот метод вызывается только для нежурналируемых индексов; пустой индекс, записанный в слой инициализации, будет копироваться в основной слой отношения при каждом перезапуске сервера.

```
bool  
amininsert (Relation indexRelation,  
            Datum *values,  
            bool *isnull,  
            ItemPointer heap_tid,  
            Relation heapRelation,  
            IndexUniqueCheck checkUnique,  
            IndexInfo *indexInfo);
```

Вставляет новый кортеж в существующий индекс. В массивах `values` и `isnull` передаются значения ключа, которые должны быть проиндексированы, а в `heap_tid` — идентификатор индексируемого кортежа (TID). Если метод доступа поддерживает уникальные индексы (флаг `amcanunique` установлен), параметр `checkUnique` указывает, какая проверка уникальности должна выполняться. Это зависит от того, является ли ограничение уникальности откладываемым; за подробностями обратитесь к Разделу 61.5. Обычно параметр `heapRelation` нужен методу доступа только для проверки уникальности (так как он должен обратиться к основным данным, чтобы убедиться в актуальности кортежа).

Возвращаемый функцией булевский результат имеет значение, только когда параметр `checkUnique` равен `UNIQUE_CHECK_PARTIAL`. В этом случае результат `true` означает, что новая запись признана уникальной, тогда как `false` означает, что она может быть неуникальной (и требуется назначить отложенную проверку уникальности). В других случаях рекомендуется возвращать постоянный результат `false`.

Некоторые индексы могут индексировать не все кортежи. Если кортеж не будет индексирован, `amininsert` должна просто завершиться, не делая ничего.

Если МД индекса хочет кешировать данные между операциями добавления в индекс в одном операторе SQL, он может выделить память в `indexInfo->ii_Context` и сохранить указатель на эти данные в поле `indexInfo->ii_AmCache` (которое изначально равно `NULL`).

```
IndexBulkDeleteResult *  
ambulkdelete (IndexVacuumInfo *info,  
              IndexBulkDeleteResult *stats,  
              IndexBulkDeleteCallback callback,  
              void *callback_state);
```

Удаляет кортеж(и) из индекса. Это операция «массового удаления», которая предположительно будет реализована путём сканирования всего индекса и проверки для каждой записи, должна ли она удаляться. Переданная функция `callback` должна вызываться в стиле `callback(TID, callback_state)` с результатом `bool`, который говорит, должна ли удаляться запись индекса, на которую указывает передаваемый TID. Возвращать эта функция должна `NULL` или структуру, выделенную вызовом `palloc` и содержащую статистику результата удаления. `NULL` можно вернуть, если никакая информация не должна передаваться в `amvacuumcleanup`.

Из-за ограничения `maintenance_work_mem` процедура `ambulkdelete` может вызываться несколько раз, когда удалению подлежит большое количество кортежей. В аргументе `stats` передаётся результат предыдущего вызова для данного индекса (при первом вызове в ходе операции `VACUUM` он содержит `NULL`). Это позволяет методу доступа накапливать статистику в процессе всей операции. Обычно `ambulkdelete` модифицирует и возвращает одну и ту же структуру, если в `stats` передаётся не `NULL`.

```
IndexBulkDeleteResult *
```

```
amvacuumcleanup (IndexVacuumInfo *info,  
                 IndexBulkDeleteResult *stats);
```

Провести очистку после операции VACUUM (до этого `ambulkdelete` могла вызываться несколько или ноль раз). От этой функции не требуется ничего, кроме как выдать статистику по индексу, но она может произвести массовую очистку, например, высвободить пустые страницы индекса. В `stats` ей передаётся структура, возвращённая при последнем вызове `ambulkdelete`, либо NULL, если `ambulkdelete` не вызывалась, так как никакие кортежи удалять не требовалось. Эта функция должна возвращать NULL или структуру, выделенную вызовом `palloc`. Содержащаяся в этой структуре статистика будет отражена в записи в `pg_class` и попадёт в вывод команды VACUUM, если она выполнялась с указанием VERBOSE. NULL может возвращаться, если индекс вовсе не изменился в процессе операции VACUUM, но в противном случае должна возвращаться корректная статистика.

Начиная с PostgreSQL версии 8.4, `amvacuumcleanup` также вызывается в конце операции ANALYZE. В этом случае `stats` всегда NULL и любое возвращаемое значение игнорируется. Этот вариант вызова можно распознать, проверив поле `info->analyze_only`. При таком вызове методу доступа рекомендуется ничего не делать, кроме как провести очистку после добавления данных, и только в рабочем процессе автоочистки.

```
bool  
amcanreturn (Relation indexRelation, int attno);
```

Проверяет, поддерживается ли *сканирование только индекса* для заданного столбца, когда для записи индекса возвращаются значения индексируемых столбцов в виде `IndexTuple`. Атрибуты нумеруются с 1, то есть для первого столбца `attno` равен 1. Возвращает true, если такое сканирование поддерживается, а иначе false. Если метод доступа индекса в принципе не поддерживает сканирование только индекса, в поле `amcanreturn` его структуры `IndexAmRoutine` можно записать NULL.

```
void  
amcostestimate (PlannerInfo *root,  
               IndexPath *path,  
               double loop_count,  
               Cost *indexStartupCost,  
               Cost *indexTotalCost,  
               Selectivity *indexSelectivity,  
               double *indexCorrelation,  
               double *indexPages);
```

Рассчитывает примерную стоимость сканирования индекса. Эта функция полностью описывается ниже в Разделе 61.6.

```
bytea *  
amoptions (ArrayType *reloptions,  
          bool validate);
```

Разбирает и проверяет массив параметров для индекса. Эта функция вызывается, только когда для индекса задан отличный от NULL массив `reloptions`. Массив `reloptions` состоит из элементов типа `text`, содержащих записи вида *имя=значение*. Данная функция должна получить значение типа `bytea`, которое будет скопировано в поле `rd_options` записи индекса в `relcache`. Содержимое этого значения `bytea` определяется самим методом доступа; большинство стандартных методов доступа помещают в него структуру `StdRdOptions`. Когда параметр `validate` равен true, эта функция должна выдать подходящее сообщение об ошибке, если какие-либо параметры нераспознаны или имеют недопустимые значения; если же `validate` равен false, некорректные записи должны просто игнорироваться. (В `validate` передаётся false, когда параметры уже загружены в `pg_catalog`; при этом неверная запись может быть обнаружена, только если в методе доступа поменялись правила обработки параметров, и в этом случае стоит просто игнорировать такие записи.) NULL можно вернуть, когда нужно получить поведение по умолчанию.

```
bool  
amproperty (Oid index_oid, int attno,
```

```
IndexAMProperty prop, const char *propname,  
bool *res, bool *isnull);
```

Процедура `amproperty` позволяет методам доступа индексов переопределять стандартное поведение функции `pg_index_column_has_property` и связанных с ней. Если метод доступа не проявляет никаких особенностей при запросе свойств индексов, поле `amproperty` в структуре `IndexAmRoutine` может содержать `NULL`. В противном случае процедура `amproperty` будет вызываться с нулевыми параметрами `index_oid` и `attno` при вызове `pg_indexam_has_property`, либо с корректным `index_oid` и нулевым `attno` при вызове `pg_index_has_property`, либо с корректным `index_oid` и положительным `attno` при вызове `pg_index_column_has_property`. В `prop` передаётся значение перечисления, указывающее на проверяемое значение, а в `propname` — строка с именем свойства. Если код ядра не распознаёт имя свойства, в `prop` передаётся `AMPROP_UNKNOWN`. Методы доступа могут воспринимать нестандартные имена свойств, проверяя `propname` на совпадение (для согласованности с кодом ядра используйте для проверки `pg_strcasecmp`); для имён, известных коду ядра, лучше проверять `prop`. Если процедура `amproperty` возвращает `true`, это значит, что она установила результат проверки свойства: она должна задать в `*res` возвращаемое булевское значение или установить в `*isnull` значение `true`, чтобы вернуть `NULL`. (Перед вызовом обе упомянутые переменные инициализируются значением `false`.) Если `amproperty` возвращает `false`, код ядра переключается на обычную логику определения результата проверки свойства.

Методы доступа, поддерживающие операторы упорядочивания, должны реализовывать проверку свойства `AMPROP_DISTANCE_ORDERABLE`, так как код ядра не знает, как это сделать и возвращает `NULL`. Также может быть полезно реализовать проверку `AMPROP_RETURNABLE`, если это можно сделать проще, чем обращаясь к индексу и вызывая `amcanreturn` (что делает код ядра по умолчанию). Для всех остальных стандартных свойств поведение ядра по умолчанию можно считать удовлетворительным.

```
bool  
amvalidate (Oid opclassoid);
```

Проверяет записи в каталоге для заданного класса операторов, насколько это может сделать метод доступа. Например, это может включать проверку, все ли необходимые опорные функции реализованы. Функция `amvalidate` должна вернуть `false`, если класс операторов непригоден к использованию. Сообщения о проблеме следует выдать через `ereport`.

Цель индекса, конечно, в том, чтобы поддерживать поиск кортежей, соответствующих индексируемому условию `WHERE`, по *ограничению* или *ключу поиска*. Сканирование индекса описывается более полно ниже, в Разделе 61.3. Метод доступа индекса может поддерживать «простое» сканирование, сканирование по «битовой карте» или и то, и другое. Метод доступа должен или может реализовывать следующие функции, связанные со сканированием:

```
IndexScanDesc  
ambeginscan (Relation indexRelation,  
             int nkeys,  
             int norderbys);
```

Подготавливает метод к сканированию индекса. В параметрах `nkeys` и `norderbys` задаётся количество операторов условия и сортировки, которые будут задействованы при сканировании; это может быть полезно для выделения памяти. Заметьте, что фактические значения ключей сканирования в этот момент ещё не предоставляются. В результате функция должна выдать структуру, выделенную средствами `palloc`. В связи с особенностями реализации, метод доступа *должен* создать эту структуру, вызвав `RelationGetIndexScan()`. В большинстве случаев все действия `ambeginscan` сводятся только к выполнению этого вызова и, возможно, получению блокировок; всё самое интересное при запуске сканирования индекса происходит в `amrescan`.

```
void  
amrescan (IndexScanDesc scan,  
          ScanKey keys,  
          int nkeys,
```

```
ScanKey orderbys,  
int norderbys);
```

Запускает или перезапускает сканирование индекса, возможно, с новыми ключами сканирования. (Для перезапуска сканирования с ранее переданными ключами в `keys` и/или `orderbys` передаётся `NULL`.) Заметьте, что количество ключей или операторов сортировки не может превышать значения, поступившие в `ambeginscan`. На практике возможность перезапуска используется, когда в соединении со вложенным циклом выбирается новый внешний кортеж, так что требуется сравнение с новым ключом, но структура ключей сканирования не меняется.

```
boolean  
amgettupple (IndexScanDesc scan,  
             ScanDirection direction);
```

Выбирает следующий кортеж в ходе данного сканирования, с передвижением по индексу в заданном направлении (вперёд или назад). Возвращает `true`, если кортеж был получен, или `false`, если подходящих кортежей не осталось. В случае успеха в структуре `scan` сохраняется TID кортежа. Заметьте, что под «успехом» здесь подразумевается только, что индекс содержит запись, соответствующую ключам сканирования, а не то, что данный кортеж обязательно существует в данных или оказывается видимым в снимке вызывающего субъекта. При положительном результате `amgettupple` должна также установить для свойства `scan->xs_recheck` значение `true` или `false`. Значение `false` будет означать, что запись индекса точно соответствует ключам сканирования, а `true` — что есть сомнение в этом, так что условия, представленные ключами сканирования, необходимо ещё раз перепроверить для фактического кортежа, когда он будет получен. Это свойство введено для поддержки «неточных» операторов индексов. Заметьте, что такая перепроверка касается только условий сканирования; предикат частичного индекса (если он имеется) никогда не перепроверяется кодом, вызывающим `amgettupple`.

Если индекс поддерживает сканирование только индекса (то есть `amcanreturn` для него равен `true`), то в случае успеха метод доступа должен также проверить флаг `scan->xs_want_itup` и, если он установлен, должен вернуть исходные индексированные данные для этой записи индекса. Данные могут возвращаться посредством указателя на `IndexTuple`, сохранённого в `scan->xs_itup`, с дескриптором `scan->xs_itupdesc`; либо посредством указателя на `HeapTuple`, сохранённого в `scan->xs_hitup`, с дескриптором кортежа `scan->xs_hitupdesc`. (Второй вариант должен использоваться при восстановлении данных, которые могут не уместиться в `IndexTuple`.) В любом случае за управление целевой областью данных, определяемой этим указателем, отвечает метод доступа. Данные должны оставаться актуальными как минимум до следующего вызова `amgettupple`, `amrescan` или `amendscan` в процессе сканирования.

Функция `amgettupple` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает «простое» сканирование индекса. В противном случае поле `amgettupple` в структуре `IndexAmRoutine` должно содержать `NULL`.

```
int64  
amgetbitmap (IndexScanDesc scan,  
             TIDBitmap *tbm);
```

Выбирает все кортежи для данного сканирования и добавляет их в передаваемую вызывающим кодом структуру `TIDBitmap` (то есть, получает логическое объединение множества TID выбранных кортежей с множеством, уже записанным в битовой карте). Возвращает эта функция число полученных кортежей (это может быть только приблизительная оценка; например, некоторые методы доступа не учитывают повторяющиеся значения). Добавляя идентификаторы кортежей в битовую карту, `amgetbitmap` может обозначить, что для этих кортежей нужно перепроверить условия сканирования. Для этого так же, как и в `amgettupple`, устанавливается выходной параметр `xs_recheck`. Замечание: в текущей реализации эта возможность увязывается с возможностью неточного хранения самих битовых карт, таким образом вызывающий код перепроверяет для отмеченных кортежей и условия сканирования, и предикат частичного индекса (если он имеется). Однако так может быть не всегда. Функции `amgetbitmap` и `amgettupple` не могут использоваться в одном сканировании индекса; есть и другие ограничения в применении `amgetbitmap`, описанные в Разделе 61.3.

Функция `amgetbitmap` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование индекса «по битовой карте». В противном случае поле `amgetbitmap` в структуре `IndexAmRoutine` должно содержать `NULL`.

```
void  
amendscan (IndexScanDesc scan);
```

Завершает сканирование и освобождает ресурсы. Саму структуру `scan` освобождать не следует, но любые блокировки или закрепления объектов, установленные внутри метода доступа, должны быть сняты.

```
void  
ammarkpos (IndexScanDesc scan);
```

Помечает текущую позицию сканирования. Метод доступа должен поддерживать сохранение только одной позиции в процессе сканирования.

Функция `ammarkpos` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование по порядку. Если это не так, в поле `ammarkpos` в структуре `IndexAmRoutine` можно записать `NULL`.

```
void  
amrestrpos (IndexScanDesc scan);
```

Восстанавливает позицию сканирования, отмеченную последней.

Функция `amrestrpos` должна быть реализована, только если метод доступа поддерживает сканирование по порядку. Если это не так, в поле `amrestrpos` в структуре `IndexAmRoutine` можно записать `NULL`.

Помимо обычного сканирования некоторые типы индексов могут поддерживать *параллельное сканирование индекса*, что позволяет осуществлять совместное сканирование индекса несколькими обслуживающим процессам. Для этого метод доступа должен организовать работу так, чтобы каждый из взаимодействующих процессов возвращал подмножество кортежей, которое бы возвращалось при обычном, не параллельном сканировании, и таким образом, чтобы объединение этих подмножеств совпадало с множеством кортежей, возвращаемых при обычном сканировании. Более того, чтобы не требовалась глобальная сортировка кортежей, возвращаемых при параллельном сканировании, порядок кортежей в подмножествах, выдаваемых всеми взаимодействующими процессами, должен соответствовать запрошенному. Для поддержки параллельного сканирования по индексу должны быть реализованы следующие функции:

```
Size  
amestimateparallelscale (void);
```

Рассчитывает и возвращает объём (в байтах) в динамической разделяемой памяти, который может потребоваться для осуществления параллельного сканирования. (Этот объём дополняет, а не заменяет объём памяти, затребованный для данных, независимо от МД, в `ParallelIndexScanDescData`.)

Эту функцию можно не реализовывать для методов доступа, которые не поддерживают параллельное сканирование, или для которых объём дополнительно требующейся памяти равен нулю.

```
void  
aminitialparallelscale (void *target);
```

Эта функция будет вызываться для инициализации области динамической разделяемой памяти в начале параллельного сканирования. Параметр `target` будет указывать на область объёма, не меньшего, чем возвратила функция `amestimateparallelscale`, и данная функция может хранить в этой области любые нужные ей данные.

Эту функцию можно не реализовывать для методов доступа, которые не поддерживают параллельное сканирование, или когда выделенная область в разделяемой памяти не требует инициализации.

```
void  
amparallelrescan (IndexScanDesc scan);
```

Эта функция, если её реализовать, будет вызываться перед перезапуском параллельного сканирования индекса. Она должна сбросить всё разделяемое состояние, установленное функцией `aminitparallelscan`, с тем, чтобы такое сканирование перезапустилось с начала.

61.3. Сканирование индекса

В процессе сканирования метод доступа индекса отвечает только за выдачу идентификаторов всех кортежей, которые по его представлению соответствуют *ключам сканирования*. Метод доступа *не* участвует в самой процедуре выборки этих кортежей из основной таблицы и не определяет, удовлетворяют ли эти кортежи условиям видимости или другим ограничениям.

Ключом сканирования является внутреннее представление предложения `WHERE` в виде *ключ_индекса оператор константа*, где ключ индекса — один из столбцов индекса, а оператор — один из членов семейства операторов, связанного с типом данного столбца. При сканировании по индексу могут задаваться несколько или ноль ключей сканирования, результаты поиска которых должны неявно объединяться операцией `AND` — ожидается, что возвращаемые кортежи будут удовлетворять всем заданным условиям.

Метод доступа для конкретного запроса может сообщить, что индекс является *неточным* или, другими словами, требует перепроверки. Это подразумевает, что при сканировании индекса будут возвращены все записи, соответствующие ключу сканирования, плюс, возможно, дополнительные записи, которые ему не соответствуют. Внутренний механизм сканирования затем повторно применит условия индекса к кортежу данных, чтобы проверить, нужно ли его выбирать на самом деле. Если признак перепроверки не установлен, при сканировании индекса должны возвращаться только соответствующие ключам записи.

Заметьте, что именно метод доступа должен гарантировать, что корректно будут найдены все и только те записи, которые соответствуют всем переданным ключам сканирования. Также учтите, что ядро системы просто передаёт все предложения `WHERE` с подходящими ключами индекса и семействами операторов, не проводя семантический анализ на предмет их избыточности или противоречивости. Например, с условием `WHERE x > 4 AND x > 14`, где `x` — столбец с индексом-В-деревом, именно самой функции `amrescan` в методе В-дерева предоставляется возможность понять, что первый ключ сканирования избыточный и может быть отброшен. Объём предварительной обработки, которую нужно произвести для этого в `amrescan`, зависит от того, до какой степени метод доступа должен сводить ключи к «нормализованной» форме.

Некоторые методы доступа возвращают записи индекса в чётко определённом порядке, в отличие от других. Фактически есть два различных варианта реализации упорядоченного вывода некоторым методом доступа:

- Для методов доступа, которые всегда возвращают записи в порядке их естественной сортировки (как например, в В-дереве), устанавливается признак `amcanorder`. В настоящее время операторам проверки равенства и упорядочивания при этом должны назначаться номера соответствующих стратегий В-дерева.
- Для методов доступа, которые поддерживают операторы упорядочивания, устанавливается признак `amcanorderbyop`. Он показывает, что индекс может возвращать записи в порядке, определяемом предложением `ORDER BY ключ_индекса оператор константа`. Модификаторы для такого сканирования могут передаваться в `amrescan`, как описывалось ранее.

У функции `amgettuple` есть аргумент `direction`, который может принимать значение `ForwardScanDirection` (обычный вариант, сканирование вперёд) или `BackwardScanDirection` (сканирование назад). Если в первом вызове после `amrescan` указывается `BackwardScanDirection`, то множество соответствующих записей индекса сканируется от конца к началу, а не в обычном направлении от начала к концу. В этом случае `amgettuple` должна вернуть последний соответствующий кортеж индекса, а не первый как обычно. (Это распространяется только на методы доступа с установленным признаком `amcanorder`.) После первого вызова `amgettuple` должна быть готова продолжать сканирование в любом направлении от записи, выданной последней до этого. (Но если

признак `amcanbackward` не установлен, при всех последующих вызовах должно сохраняться то же направление, что было в первом.)

Методы доступа, которые поддерживают упорядоченное сканирование, должны уметь «помечать» позицию сканирования и затем возвращаться к помеченной позиции (возможно, несколько раз к одной и той же позиции). Но запоминаться должна только одна позиция в ходе сканирования; последующий вызов `ammarkpos` переопределяет ранее сохранённую позицию. Метод доступа, не поддерживающий упорядоченное сканирование, не должен определять функции `ammarkpos` и `amrestrpos` в `IndexAmRoutine`; достаточно записать в эти указатели `NULL`.

И позиция сканирования, и отмеченная позиция (при наличии) должны поддерживаться в согласованном состоянии с учётом одновременных добавлений или удалений записей в индексе. Не будет ошибкой, если только что вставленная запись не будет выдана при сканировании, которое могло бы найти эту запись, если бы она существовала до его начала, либо если сканирование выдаст такую запись после перезапуска или возврата, даже если она не была выдана в первый раз. Подобным образом, параллельное удаление может отражаться, а может и не отражаться в результатах сканирования. Важно только, чтобы при таких операциях добавления или удаления не происходило потерь или дублирования записей, которые в этих операциях не участвовали.

Если индекс сохраняет исходные индексируемые значения данных (а не их искажённое представление), обычно полезно поддерживать сканирование только индекса, при котором индекс возвращает фактические данные, а не только `TID` кортежа данных. Это позволит оптимизировать ввод/вывод, только если карта видимости показывает, что `TID` относится к полностью видимой странице; в противном случае всё равно придётся посетить кортеж, чтобы проверить его видимость для `MVCC`. Но это не является заботой метода доступа.

Вместо `amgettupple`, сканирование индекса может осуществляться функцией `amgetbitmap`, которая выбирает все кортежи за один вызов. Это может быть значительно эффективнее `amgettupple`, так как позволяет избежать циклов блокировки/разблокировки в методе доступа. В принципе, `amgetbitmap` должна давать тот же эффект, что и многократные вызовы `amgettupple`, но простоты ради мы накладываем ряд дополнительных ограничений. Во-первых, `amgetbitmap` возвращает все кортежи сразу и не поддерживает пометку позиций и возвращение к ним. Во-вторых, кортежи, возвращаемые в битовой карте, не упорядочиваются каким-либо определённым образом, поэтому `amgetbitmap` не принимает аргумент `direction`. (И операторы упорядочивания никогда не будут передаваться для такого сканирования.) Кроме того, сканирование только индекса с `amgetbitmap` неосуществимо, так как нет никакой возможности вернуть содержимое кортежей индекса. Наконец, `amgetbitmap` не гарантирует, что будут установлены какие-либо блокировки для возвращаемых кортежей, и следствия этого описаны в Разделе 61.4.

Заметьте, что метод доступа может реализовывать только функцию `amgetbitmap`, но не `amgettupple`, и наоборот, если его внутренняя реализация несовместима с одной из этих функций.

61.4. Замечания о блокировке с индексами

Методы доступа индекса должны справляться с параллельными операциями обновления индекса, производимыми несколькими процессами. Ядро системы PostgreSQL получает блокировку `AccessShareLock` для индекса в процессе сканирования и `RowExclusiveLock` при модификации индекса (включая и обычную очистку командой `VACUUM`). Так как эти типы блокировок не конфликтуют, метод доступа должен сам устанавливать более тонкие блокировки, которые ему могут потребоваться. Исключительная блокировка индекса в целом устанавливается только при создании и уничтожении индекса или операции `REINDEX`.

Реализация типа индекса, поддерживающего параллельные изменения, обычно требует глубокого и всестороннего анализа требуемого поведения. Для общего представления вы можете узнать о конструктивных решениях, принятых при реализации B-дерева и индекса по хешу, обратившись к `src/backend/access/nbtree/README` и `src/backend/access/hash/README`.

Помимо собственных внутренних требований индексов к целостности, при параллельном обновлении данных возникают вопросы согласованности родительской таблицы (*основных данных*) и ин-

декса. Вследствие того, что PostgreSQL отделяет чтение и изменение основных данных от чтения и изменения индекса, образуются временные интервалы, в которых индекс может быть несогласованным с данными. Мы решаем эту проблему, применяя следующие правила:

- Новая запись в области данных добавляется до того, как для неё будут созданы записи в индексах. (Таким образом, при параллельном сканировании индекса эта запись в данных скорее всего не будет замечена. Это не проблема, так как читателю индекса всё равно не нужны незафиксированные строки. Но учтите написанное в Разделе 61.5.)
- Когда запись данных удаляется (командой `VACUUM`), сначала должны удалиться все созданные для неё записи в индексах.
- Сканирование индекса должно закрепить страницу индекса, на которой находится элемент, возвращённый последним вызовом `amgettupple`, а `ambulkdelete` не должна удалять записи со страниц, закреплённых другими процессами. Чем обосновано это правило, описывается ниже.

Без третьего правила читатель индекса мог бы увидеть запись индекса за мгновение до того, как она была удалена процедурой `VACUUM`, а затем обратиться к соответствующей записи данных после того, как `VACUUM` удалит и её. Это не приведёт к серьёзным проблемам, если данный элемент остаётся незадействованным, когда к нему обращается читатель, так как пустой слот будет игнорироваться функцией `heap_fetch()`. Но как быть, если третий процесс уже занял этот слот какими-то своими данными? Когда применяется снимок, совместимый с MVCC, и это не проблема, так как эти данные определённо окажутся слишком новыми при проверке видимости для данного снимка. Однако, для снимка несовместимого с MVCC (например, снимка `SnapshotAny`), может так получиться, что будет возвращена строка, на самом деле не соответствующая ключам сканирования. Мы можем защититься от такого исхода, потребовав, чтобы ключи сканирования всегда перепроверялись для строки данных, но это слишком дорогостоящее решение. Вместо этого, мы закрепляем страницу индекса как промежуточный объект, показывающий, что читатель может всё ещё быть «в пути» от записи индекса к соответствующей строке данных. Благодаря тому, что `ambulkdelete` блокируется при обращении к этой закреплённой странице, процедура `VACUUM` не сможет удалить строку данных, пока её извлечение не закончит читатель. Это решение оказывается очень недорогим по времени выполнения, а издержки блокирования привносятся только в редких случаях, когда действительно возникает конфликт.

Такое решение требует, чтобы сканирования индексов выполнялись «синхронно»: мы должны выбирать каждый следующий кортеж данных сразу после того получили соответствующую запись индекса. Это оказывается невыгодно по ряду причин. «Асинхронное» сканирование, при котором мы собираем множество TID из индекса, и обращаемся за кортежами данных только после этого, влечёт гораздо меньше издержек с блокировками и позволяет обращаться к данным более эффективным образом. Согласно проведённому выше анализу, мы должны использовать синхронный подход для снимков, несовместимых с MVCC, но для запросов со снимками MVCC будет работать и асинхронное сканирование.

При сканировании индекса с `amgetbitmap`, метод доступа не закрепляет страницы индекса ни для каких из возвращаемых кортежей. Поэтому такое сканирование можно безопасно применять только со снимками MVCC.

Когда флаг `ampredlocks` не установлен, любое сканирование с данным методом доступа в сериализуемой транзакции будет получать неблокирующую предикатную блокировку для всего индекса. Это будет приводить к конфликту чтения-записи при добавлении любого кортежа в этот индекс параллельной сериализуемой транзакцией. Если среди набора параллельных сериализуемых транзакций выявляются определённые варианты конфликтов чтения-записи, одна из этих транзакций может быть отменена для сохранения целостности данных. Когда данный флаг установлен, это означает, что метод доступа реализует более точную предикатную блокировку, что способствует сокращению частоты отмены транзакций по этой причине.

61.5. Проверки уникальности в индексе

PostgreSQL реализует ограничения уникальности SQL, применяя *уникальные индексы*, то есть такие индексы, которые не принимают несколько записей с одинаковыми ключами. Для метода до-

стуга, поддерживающего это свойство, устанавливается признак `amcanunique`. (В настоящее время это поддерживают только B-деревья.) Столбцы, указанные в предложении `INCLUDE`, не учитываются при контроле уникальности.

Вследствие особенностей MVCC, всегда необходимо допускать физическое сосуществование в индексе дублирующихся записей: такие записи могут относиться к последовательным версиям одной логической строки. На самом деле мы хотим добиться только того, чтобы никакой снимок MVCC не мог содержать две строки с одинаковыми ключами индекса. Из этого вытекают следующие ситуации, которые необходимо отследить, добавляя новую строку в уникальный индекс:

- Если конфликтующая строка была удалена текущей транзакцией, это не проблема. (В частности из-за того, что `UPDATE` всегда удаляет старую версию строки, прежде чем вставлять новую, операцию `UPDATE` можно выполнять со строкой, не меняя её ключ.)
- Если конфликтующая строка была добавлена ещё не зафиксированной транзакцией, запрос, претендующий на добавление новой строки, должен подождать, пока эта транзакция не будет зафиксирована. Если она откатывается, конфликт исчезает. Если она фиксируется и при этом оставляет конфликтующую строку, возникает нарушение уникальности. (На практике мы просто ждём завершения другой транзакции и затем пересматриваем проверку видимости.)
- Подобным образом, если конфликтующая строка была удалена ещё не зафиксированной транзакцией, запрос, претендующий на добавление новой строки, должен дожидаться фиксации или отката этой транзакции, а затем повторить проверку.

Более того, непосредственно перед тем как сообщать о нарушении уникальности согласно вышеприведённым правилам, метод доступа должен перепроверить, продолжает ли существовать добавляемая строка. Если она признана «мёртвой», о предвиденном нарушении он сообщать не должен. (Такого не должно быть при обычном сценарии добавления строки текущей транзакцией, однако это может произойти в процессе `CREATE UNIQUE INDEX CONCURRENTLY`.)

Мы требуем, чтобы метод доступа выполнял эти проверки сам, и это означает, что он должен обратиться к основным данным и проверить состояние фиксации всех строк, которые согласно содержимому индекса содержат дублирующиеся ключи. Это без сомнения некрасивый и немодульный подход, но он избавляет от излишней работы: если бы мы делали отдельную пробу, то поиск конфликтующей строки по индексу пришлось бы по сути повторять, пытаясь найти место, куда вставить запись для новой строки. Более того, не представляется возможным избежать условий гонки, если проверка конфликта не будет неотъемлемой частью процедуры добавления новой записи индекса.

Если ограничение уникальности откладываемое, возникает дополнительная сложность: нам нужна возможность добавлять запись индекса для новой строки, но отложить выводы о нарушении уникальности до конца оператора или даже позже. Чтобы избежать ненужного повторного поиска по индексу, метод доступа должен произвести предварительную проверку уникальности во время изначального добавления строк. Если при этом окажется, что никакие кортежи не конфликтуют, на этом проверка заканчивается. В противном случае мы планируем перепроверку на время, когда это ограничение начинает действовать. Если во время перепроверки продолжают существовать и вставленный кортеж, и какой-либо другой с тем же ключом, должна выдаваться ошибка. (Заметьте, что в данном случае под «существованием» понимается «существование любого кортежа в цепочке HOT записей индекса».) Для реализации этой схемы в `aminert` передаётся параметр `checkUnique`, принимающий одно из следующих значений:

- `UNIQUE_CHECK_NO` указывает, что проверка уникальности не должна выполняться (это не уникальный индекс).
- `UNIQUE_CHECK_YES` указывает, что это неоткладываемый уникальный индекс и проверку уникальности нужно выполнить немедленно, как описано выше.
- `UNIQUE_CHECK_PARTIAL` указывает, что это откладываемое ограничение уникальности. PostgreSQL выбирает этот режим для добавления записи индекса для каждой строки. Метод доступа должен допускать добавление в индекс дублирующихся записей и сообщать о возможных конфликтах, возвращая `false` из `aminert`. Для каждой такой строки (для которой возвращается `false`) будет запланирована отложенная перепроверка.

Метод доступа должен отметить все строки, которые могут нарушать ограничение уникальности, но не будет ошибкой, если он допустит ложное срабатывание. Это позволяет произвести проверку, не дожидаясь завершения других транзакций; конфликты, выявленные на этой стадии, не считаются ошибками и будут перепроверены позже, когда они могут быть уже исчерпаны.

- `UNIQUE_CHECK_EXISTING` указывает, что это отложенная перепроверка строки, которая была отмечена как возможно нарушающая ограничение. Хотя для этой проверки вызывается `aminert`, метод доступа *не* должен добавлять новую запись индекса в данном случае, так как эта запись уже существует. Вместо этого, метод доступа должен проверить, нет ли в индексе другой такой же записи. Если она находится и соответствующая ей строка продолжает существовать, должна выдаваться ошибка.

Для варианта `UNIQUE_CHECK_EXISTING` в методе доступа рекомендуется дополнительно проверить, что для целевой строки действительно имеется запись в индексе и сообщить об ошибке, если это не так. Это хорошая идея, так как значения кортежа индекса, передаваемые в `aminert`, будут рассчитаны заново. Если в определении индекса задействованы функции, которые на самом деле не постоянные, мы можем проверять неправильную область индекса. Дополнительно убедившись в существовании целевой строки при перепроверке, мы можем быть уверены, что сканируются те же значения кортежа, что передавались при изначальном добавлении строки.

61.6. Функции оценки стоимости индекса

Функции `amcostestimate` даётся информация, описывающая возможное сканирование индекса, включая списки предложений `WHERE` и `ORDER BY`, которые были выбраны как применимые с данным индексом. Она должна вернуть оценки стоимости обращения к индексу и избирательность предложений `WHERE` (то есть, процент строк основной таблицы, который будет получен в ходе сканирования индекса). Для простых случаев почти всю работу оценщика стоимости можно произвести, вызывая стандартные процедуры оптимизатора; смысл существования функции `amcostestimate` в том, чтобы методы доступа индексов могли поделиться знаниями, специфичными для типа индекса, когда это может помочь улучшить стандартные оценки.

Каждая функция `amcostestimate` должна иметь такую сигнатуру:

```
void
amcostestimate (PlannerInfo *root,
                IndexPath *path,
                double loop_count,
                Cost *indexStartupCost,
                Cost *indexTotalCost,
                Selectivity *indexSelectivity,
                double *indexCorrelation,
                double *indexPages);
```

Первые три параметра передают входные значения:

root

Информация планировщика о выполняемом запросе.

path

Рассматриваемый путь доступа к индексу. В нём действительны все поля, кроме значений стоимости и избирательности.

loop_count

Число повторений сканирования индекса, которое должно приниматься во внимание при оценке стоимости. Обычно оно будет больше одного, когда при соединении со вложенным циклом планируется параметризованное сканирование. Заметьте, что оценки стоимости, тем не менее,

должны рассчитываться для всего одного сканирования; большие значения *loop_count* лишь дают основания предположить, что при многократном сканировании положительное влияние может оказать кэширование.

Последние пять параметров — указатели на переменные для выходных значений:

**indexStartupCost*

Стоимость выполнения запуска индекса

**indexTotalCost*

Общая стоимость использования индекса

**indexSelectivity*

Избирательность индекса

**indexCorrelation*

Коэффициент корреляции между порядком сканирования индекса и порядком записей в ниже-лежащей таблице

**indexPages*

Количество страниц индекса на уровне листьев

Заметьте, что функции оценки стоимости должны разрабатываться на C, а не на SQL или другом доступном процедурном языке, так как они должны обращаться к внутренним структурам данным планировщика/оптимизатора.

Стоимости обращения к индексу следует вычислять с использованием параметров, объявленных в *src/backend/optimizer/path/costsize.c*: последовательная выборка дискового блока имеет стоимость *seq_page_cost*, непоследовательная выборка — *random_page_cost*, а стоимостью обработки одной строки индекса обычно принимается *cpu_index_tuple_cost*. Кроме того, за каждый оператор сравнения, вызываемый при обработке индекса, должна взиматься цена *cpu_operator_cost* (особенно за вычисление собственно условий индекса).

Стоимость доступа должна включать стоимости всех дисковых и процессорных ресурсов, требующихся для сканирования самого индекса, *но* не стоимости извлечения или обработки строк основной таблицы, с которой связан индекс.

«Стоимость запуска» составляет часть общей стоимости сканирования, которая должна быть потрачена, прежде чем можно будет начать чтение первой строки. Для большинства индексов она может считаться нулевой, но для типов индексов с высокими затратами на запуск она может быть больше нуля.

Значение в *indexSelectivity* должно показывать, какой процент строк основной таблицы ожидается получить при сканировании таблицы. В случае неточного запроса это обычно будет больше процента строк, действительно удовлетворяющих заданным ограничивающим условиям.

В *indexCorrelation* записывается корреляция (в диапазоне от -1.0 до 1.0) между порядком записей в индексе и в таблице. Это значение будет корректировать оценку стоимости выборки строк из основной таблицы.

В *indexPages* записывается число страниц на уровне листьев. Это помогает выбрать число исполнителей для параллельного сканирования индекса.

Когда *loop_count* больше нуля, возвращаться должны средние значения, ожидаемые для одного сканирования индекса.

Оценка стоимости

Типичная процедура оценки выглядит следующим образом:

1. Рассчитать и вернуть процент строк родительской таблицы, которые будут посещены при заданных ограничивающих условиях. В отсутствие каких-либо знаний, специфичных для типа индекса, использовать стандартную функцию оптимизатора `clauselist_selectivity()`:

```
*indexSelectivity = clauselist_selectivity(root, path->indexquals,  
                                           path->indexinfo->rel->relid,  
                                           JOIN_INNER, NULL);
```

2. Оценить число строк индекса, которые будут посещены при сканировании. Для многих типов индексов это будет произведение `indexSelectivity` и числа строк в индексе, но оно может быть и больше. (Заметьте, что размер индекса в страницах и строках можно узнать из структуры `path->indexinfo`.)
3. Рассчитать число страниц индекса, которые будут получены при сканировании. Это может быть просто произведение `indexSelectivity` и размера индекса в страницах.
4. Вычислить стоимость обращения к индексу. Универсальный оценщик может сделать следующее:

```
/*  
 * Вообще предполагается, что страницы индекса будут считываться последовательно,  
 * так что стоимость их чтения cost_seq_page_cost, а не random_page_cost.  
 * Также мы добавляем стоимость за вычисление условия индекса для каждой строки.  
 * Все стоимости считаются пропорционально возрастающими при сканировании.  
 */  
cost_qual_eval(&index_qual_cost, path->indexquals, root);  
*indexStartupCost = index_qual_cost.startup;  
*indexTotalCost = seq_page_cost * numIndexPages +  
                  (cpu_index_tuple_cost + index_qual_cost.per_tuple) * numIndexTuples;
```

Однако при таком расчёте не учитывается амортизация чтения индекса при повторном сканировании.

5. Оценить корреляцию индекса. Для простого упорядоченного индекса по одному полю её можно получить из `pg_statistic`. Если корреляция неизвестна, вернуть консервативную оценку — ноль (корреляция отсутствует).

Примеры функций оценки стоимости можно найти в `src/backend/utils/adt/selfuncs.c`.

Глава 62. Унифицированные записи WAL

Хотя у всех внутренних модулей, взаимодействующих с WAL, имеются собственные типы записей WAL, существует также унифицированный тип записей WAL, описывающий изменения в страницах унифицированным образом. Это полезно для расширений, реализующих собственные методы доступа, так как они не могут зарегистрировать свои подпрограммы воспроизведения изменений WAL.

API для конструирования унифицированных записей WAL определён в `access/generic_xlog.h` и реализован в `access/transam/generic_xlog.c`.

Чтобы сформировать запись изменения данных для WAL, применяя механизм унифицированных записей WAL, выполните следующие действия:

1. `state = GenericXLogStart(relation)` — начните формирование унифицированной записи WAL для заданного отношения.
2. `page = GenericXLogRegisterBuffer(state, buffer, flags)` — зарегистрируйте буфер, который будет изменён текущей унифицированной записью WAL. Эта функция возвращает указатель на временную копию страницы буфера, в которой должны производиться изменения. (Модифицировать непосредственно содержимое буфера нельзя.) В третьем аргументе передаётся битовая маска флагов, применимых к этой операции. В настоящее время флаг только один — `GENERIC_XLOG_FULL_IMAGE`, который показывает, что в запись WAL нужно включить образ всей страницы, а не только изменения. Обычно этот флаг должен устанавливаться, когда страница новая или полностью перезаписана. Вызов `GenericXLogRegisterBuffer` можно повторять, если фиксируемое в WAL действие изменяет несколько страниц.
3. Применить изменения к образам страниц, полученным на предыдущем шаге.
4. `GenericXLogFinish(state)` — завершите изменения в буферах и выдайте унифицированную запись WAL.

Формирование записи WAL можно прервать на любом шаге, вызвав `GenericXLogAbort(state)`. При этом будут отменены все изменения, внесённые в копии образов страниц.

Используя механизм унифицированных записей WAL, необходимо учитывать следующее:

- Модифицировать буферы напрямую нельзя! Все изменения должны производиться в копиях, полученных от функции `GenericXLogRegisterBuffer()`. Другими словами, код, формирующий унифицированные записи WAL, никогда не должен сам вызывать `BufferGetPage()`. Однако, вызывающий код отвечает за закрепление/открепление и блокировку/разблокировку буферов в подходящие моменты времени. Исключительная блокировка каждого целевого буфера должна удерживаться от вызова `GenericXLogRegisterBuffer()` до `GenericXLogFinish()`.
- Регистрацию буферов (шаг 2) и модификацию образов страниц (шаг 3) можно свободно смешивать, оба этих шага можно повторять в любой последовательности. Но помните, что буферы должны регистрироваться в том же порядке, в каком для них должны получаться блокировки при воспроизведении.
- Максимальное число буферов, которые можно зарегистрировать для унифицированной записи WAL, составляет `MAX_GENERIC_XLOG_PAGES`. При исчерпании этого лимита будет выдана ошибка.
- Унифицированный тип WAL подразумевает, что страницы, подлежащие изменению, имеют стандартную структуру, в частности между `pd_lower` и `pd_upper` нет полезных данных.
- Так как изменяются копии страниц буфера, `GenericXLogStart()` не начинает критическую секцию. Таким образом вы можете безопасно выделять память, выдать ошибку и т. п. между `GenericXLogStart()` и `GenericXLogFinish()`. Единственная фактическая критическая секция присутствует внутри `GenericXLogFinish()`. При выходе по ошибке так же не нужно заботиться о вызове `GenericXLogAbort()`.

- `GenericXLogFinish()` помечает буферы как грязные и устанавливает для них LSN. Вам делать явно это не нужно.
- Для нежурналируемых отношений всё работает так же, за исключением того, что фактически запись в WAL не выдаётся. Таким образом, явно проверять, является ли отношение нежурналируемым, не требуется.
- Функция воспроизведения унифицированных изменений WAL получит исключительные блокировки буферов в том же порядке, в каком они были зарегистрированы. После воспроизведения всех изменений блокировки в том же порядке и освобождаются.
- Если для регистрируемого буфера не задаётся `GENERIC_XLOG_FULL_IMAGE`, унифицированная запись WAL содержит различие между старым и новым образом страницы, которое вычисляется при побайтовом сравнении. Результат оказывается не очень компактным при перемещении данных в странице, но это может быть доработано в будущем.

Глава 63. Индексы В-деревья

63.1. Введение

PostgreSQL включает реализацию стандартной индексной структуры данных — В-деревя (btree, многонаправленного бинарного дерева). В индекс-В-дерево могут быть загружены данные любого типа, которые можно отсортировать в чётко определённом линейном порядке. Единственное его ограничение состоит в том, что размер записи в индексе не может превышать примерно треть страницы (после сжатия TOAST, если оно применяется).

Так как каждый класс операторов btree устанавливает порядок сортировки для своего типа данных, классы операторов btree (или, фактически, семейства операторов) оказались показательными и полезными для представления и понимания семантики сортировки в PostgreSQL. Как следствие, они приобрели некоторые возможности, которые выходят за рамки необходимого минимума для поддержки индексов btree и используются частями системы, довольно далёкими от методов доступа btree.

63.2. Поведение классов операторов В-деревя

Как показано в Таблице 38.2, класс операторов btree должен предоставить пять операторов сравнения, $<$, $<=$, $=$, $>=$ и $>$. Хотя можно было ожидать, что частью этого класса будет и оператор $<>$, но это не так, потому что использовать $<>$ в предложении WHERE для поиска по индексу практически бесполезно. (Для некоторых целей планировщик условно относит оператор $<>$ к классу операторов btree, но он находит данный оператор как отрицание оператора $=$, а не обращаясь к pg_amop.)

Когда несколько типов данных имеют практически одинаковую семантику сортировки, их классы операторов можно сгруппировать в семейство операторов. Это полезно тем, что позволяет планировщику делать выводы о межтиповых сравнениях. Каждый класс операторов в семействе должен содержать операторы для одного своего типа входных данных (и сопутствующие опорные функции), тогда как межтиповые операторы сравнения и опорные функции являются «слабо» связанными с семейством. В семейство рекомендуется включать полный набор межтиповых операторов, чтобы планировщик мог представить любые условия, которые он может вывести, используя транзитивность.

Семейство операторов btree должно удовлетворять нескольким базовым положениям:

- Оператор $=$ должен представлять отношение эквивалентности; то есть для всех отличных от NULL значений A , B , C определённого типа данных:
 - $A = A$ — истина (*рефлексивность*)
 - если $A = B$, то $B = A$ (*симметрия*)
 - если $A = B$ и $B = C$, то $A = C$ (*транзитивность*)
- Оператор $<$ должен представлять отношение строгого упорядочивания; то есть для всех отличных от NULL значений A , B , C :
 - $A < A$ — ложно (*антирефлексивность*)
 - если $A < B$ и $B < C$, то $A < C$ (*транзитивность*)
- Более того, упорядочивание действует глобально; то есть для любых отличных от NULL значений A , B :
 - истинным является ровно одно из условий: $A < B$, $A = B$ или $B < A$ (*трихотомия*)

(Разумеется, определение функции, осуществляющей сравнение, вытекает из закона трихотомии.)

Остальные три оператора определяются через операторы $=$ и $<$ очевидным образом и должны работать согласованно с последними.

Для семейства операторов, поддерживающего несколько типов данных, вышеперечисленные законы должны выполняться при значениях A , B , C , относящихся к любым типам из семейства. Транзитивность обеспечить сложнее всего, так как в ситуациях с разными типами она требует согласованного поведения двух или трёх различных операторов. Так например, в одном семействе операторов не смогут работать типы `float8` и `numeric`, по крайней мере при текущем подходе, когда значения `numeric` преобразуются во `float8` для сравнения с `float8`. Из-за ограниченной точности типа `float8` различные значения `numeric` могут оказаться равными одному значению `float8`, что нарушит закон транзитивности.

Ещё одно требование для семейства, рассчитанного на несколько типов данных, состоит в том, что любое неявное или двоично-совместимое приведение, которое определено между типами, включёнными в семейство операторов, не должно менять соответствующий порядок сортировки.

Должно быть достаточно понятно, почему индекс-В-дерево требует выполнения этих законов для одного типа данных: без этого упорядочивание ключей невозможно. Кроме того, для поиска в индексе по ключу другого типа данных необходимо, чтобы значения двух типов сравнивались корректно. Расширение семейства до трёх или более типов данных не является обязательным для самого механизма индекса `btree`, но может быть полезным для планировщика в целях оптимизации.

63.3. Опорные функции В-деревьев

Как показано в Таблица 38.8, `btree` определяет одну необходимую и две необязательных опорных функций.

Для всех комбинаций типов данных, для которых семейство операторов `btree` предоставляет операторы сравнения, оно должно предоставлять опорную функцию сравнения в `pg_amproc` с номером 1 и с `amproclefttype/amprocrighttype`, равными левому и правому типу сравнения (то есть тем же типам данных, с которыми соответствующие операторы зарегистрированы в `pg_amop`). Эта функция сравнения должна принимать два отличных от `NULL` значения A и B и возвращать значение `int32`, которое будет < 0 , 0 или > 0 , когда $A < B$, $A = B$ или $A > B$, соответственно. Результат `NULL` не допускается: все значения типа данных должны быть сравнимыми. Примеры можно найти в `src/backend/access/nbtree/nbtcompare.c`.

Если сравниваемые значения имеют сортируемый тип данных, опорной функции сравнения будет передан `OID` соответствующего правила сортировки через стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

Дополнительно семейство операторов `btree` может предоставить функции *поддержки сортировки*, которые регистрируются под номером опорной функции 2. Эти функции позволяют реализовывать сравнения для целей сортировки гораздо эффективнее, чем это возможно при прямолинейном вызове функции поддержки сравнения. Задействованные в этом программные интерфейсы определены в `src/include/utils/sortsupport.h`.

Дополнительно семейство операторов `btree` может предоставить опорные функции *in_range*, которые регистрируются под номером 3. Они не используются в ходе операций с индексом `btree`; вместо этого они расширяют семантику семейства операторов, чтобы оно могло поддерживать оконные предложения `RANGE смещение PRECEDING` и `RANGE смещение FOLLOWING` (см. Подраздел 4.2.8). По сути они предоставляют дополнительную информацию, позволяющую добавлять или вычитать *смещение* в соответствии с порядком сортировки, принятым в семействе.

Функция `in_range` должна иметь сигнатуру

```
in_range(значение type1, база type1, смещение type2, вычитание bool, меньше bool)
returns bool
```

Значение и база должны быть одного типа данных, и этот тип должен поддерживаться семейством операторов (то есть это должен быть тип, для которого реализуется сортировка). Однако *смещение* может быть другого типа, который никаким другим образом не поддерживается данным семейством. Например, встроенное семейство `time_ops` предоставляет функцию, для которой *смещение*

имеет тип `interval`. Семейство может предоставлять функции `in_range` для любых из своих поддерживаемых типов и одного или нескольких типов *смещений*. Каждая функция `in_range` должна регистрироваться в `pg_amproc` с полем `amproclefttype`, равным `type1`, и `amprocrighttype`, равным `type2`.

Суть действия функции `in_range` зависит от двух логических флагов. Она должна прибавить или вычесть из *базы смещение*, а затем сравнить *значение* с результатом следующим образом:

- если *!вычитание* и *!меньше*, возвращается *значение* $\geq$ (*база* + *смещение*)
- если *!вычитание* и *меньше*, возвращается *значение* $\leq$ (*база* + *смещение*)
- если *вычитание* и *!меньше*, возвращается *значение* $\geq$ (*база* - *смещение*)
- если *вычитание* и *меньше*, возвращается *значение* $\leq$ (*база* - *смещение*)

Прежде чем делать это, функция должна проверить знак *смещения* и, если оно отрицательное, выдать ошибку `ERRCODE_INVALID_PRECEDING_OR_FOLLOWING_SIZE` (22013) с текстом ошибки «invalid preceding or following size in window function» (неверная предшествующая или последующая величина в оконной функции). (Это требуется стандартом SQL, но нестандартные семейства операторов могут проигнорировать данное ограничение, так как оно не несёт большой смысловой нагрузки.) Проверка этого требования делегируется функции `in_range`, чтобы коду ядра не требовалось понимать, что означает «меньше нуля» для произвольного типа данных.

Кроме того, функции `in_range`, если это практично, могут не выдавать ошибку, когда операция *база* + *смещение* или *база* - *смещение* приводит к переполнению. Правильный результат сравнения можно получить, даже если это значение выходит за границы допустимого диапазона этого типа данных. Заметьте, что если для типа данных определены такие понятия, как «бесконечность» и «NaN», могут потребоваться дополнительные меры для обеспечения согласованности результатов `in_range` с обычным порядком сортировки данного семейства операторов.

Результаты функции `in_range` должны соответствовать порядку сортировки, устанавливаемому семейством операторов. Точнее говоря, при любых фиксированных аргументах *смещение* и *вычитание* справедливо:

- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает true для некоторого *значения1* и *базы*, true должно возвращаться для каждого *значения2* $\leq$ *значению1* с той же базой.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает false для некоторого *значения1* и *базы*, false должно возвращаться для любого *значения2* $\geq$ *значению1* с той же базой.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает true для некоторого *значения* и *базы1*, true должно возвращаться для каждой *базы2* $\geq$ *базе1* с тем же значением.
- Если `in_range` с *меньше* = true возвращает false для некоторого *значения* и *базы1*, false должно возвращаться для любой *базы2* $\leq$ *базе1* с тем же значением.

Аналогичные утверждения с противоположными условиями должны выполняться при *меньше* = false.

Если упорядочиваемый тип (`type1`) является сортируемым, функции `in_range` будет передан OID соответствующего правила сортировки через стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

Функции `in_range` не должны обрабатывать NULL в аргументах и обычно помечаются как строгие.

63.4. Реализация

Вводное описание реализации индекса `btree` можно найти в `src/backend/access/nbtree/README`.

Глава 64. Индексы GiST

64.1. Введение

GiST расшифровывается как «Generalized Search Tree» (Обобщённое поисковое дерево). Это сбалансированный иерархический метод доступа, который представляет собой базовый шаблон, на основе которого могут реализовываться произвольные схемы индексации. На базе GiST могут быть реализованы B-деревья, R-деревья и многие другие схемы индексации.

Ключевым преимуществом GiST является то, что он позволяет разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД.

Представленная здесь информация частично позаимствована с *сайта* Проекта индексации GiST Калифорнийского университета в Беркли и из диссертации Марселя Корнакера *Методы доступа для СУБД следующего поколения*. Сопровождением реализации SP-GiST в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов; дополнительные сведения можно получить на их *сайте*.

64.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GiST, перечисленные в Таблице 64.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GiST.)

Таблица 64.1. Встроенные классы операторов GiST

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы	Операторы упорядочивания
box_ops	box	&& &> &< &< >> << << <@ >@ & &> >> ~ ~=	
circle_ops	circle	&& &> &< &< >> << << <@ >@ & &> >> ~ ~=	<->
inet_ops	inet, cidr	&& >> >>= > >= <> << <=< <= =	
point_ops	point	>> >^ << <@ <@ <@ <^ ~=	<->
poly_ops	polygon	&& &> &< &< >> << << <@ >@ & &> >> ~ ~=	<->
range_ops	любой тип диапазона	&& &> &< >> << <@ - - = >@ >	
tsquery_ops	tsquery	<@ >	
tsvector_ops	tsvector	@@	

По историческим причинам класс операторов `inet_ops` не является классом по умолчанию для типов `inet` и `cidr`. Чтобы использовать его, укажите имя класса в `CREATE INDEX`, например:

```
CREATE INDEX ON my_table USING GIST (my_inet_column inet_ops);
```

64.3. Расширяемость

Реализация нового метода доступа индекса традиционно была большой и сложной задачей. Чтобы её решить, необходимо было понимать внутреннее устройство базы данных, в частности работу менеджера блокировок и журнала предзаписи. Но с интерфейсом GiST, реализующим высокий уровень абстракции, разработчик метода доступа должен реализовать только смысловое наполнение индексируемого типа данных. Уровень GiST берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре дерева.

Эту расширяемость не следует путать с расширяемостью других стандартных деревьев поиска в смысле поддержки различных типов данных. Например, PostgreSQL поддерживает расширяемость B-деревьев и индексов по хешу. Это означает, что в PostgreSQL вы можете построить B-дерево или хеш-таблицу по любому желаемому типу данных. Но такие B-деревья будут поддерживать только предикаты сравнений ($<$, $=$, $>$), а индексы по хешу только запросы с равенством.

Поэтому, если вы проиндексируете в PostgreSQL в B-дереве, например, коллекцию изображений, вы сможете выполнять только проверки вида «равны ли изображения X и Y», «меньше ли изображение X изображения Y» и «больше ли изображение X изображения Y». Это может быть полезно, в зависимости от того, как вы определите операции «равно», «меньше» и «больше». Однако, используя индекс на базе GiST, возможно удовлетворять и запросы из предметной области, например, «найти все изображения лошадей» или «найти все пересвеченные изображения».

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа GiST — это реализовать несколько методов, определяющих поведение ключей в дереве. Конечно, эти методы должны быть довольно изощрёнными, чтобы поддерживать изощрённые запросы, но для всех стандартных запросов (B-деревьев, R-деревьев и т. д.) они относительно просты. Словом, GiST сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов индекса GiST должен предоставить пять методов и может дополнительно предоставлять ещё четыре. Корректность индекса обеспечивается реализацией методов `same`, `consistent` и `union`, а его эффективность (по размеру и скорости) будет зависеть от методов `penalty` и `picksplit`. Два необязательных метода, `compress` и `decompress`, позволяют реализовать внутреннее представление данных дерева, не совпадающее с типом индексируемых данных. Данные листьев индекса должны быть индексируемого типа, тогда как в остальных узлах дерева могут быть произвольные структуры C (но при этом должны соблюдаться правила, предъявляемые PostgreSQL к типам данных; прочитайте о `varlena` для данных переменного размера). Если внутренний тип данных дерева существует на уровне SQL, в команде `CREATE OPERATOR CLASS` можно использовать указание `STORAGE`. Необязательный восьмой метод `distance` нужно реализовать, только если класс операторов желает поддерживать упорядоченные сканирования (поиск ближайших соседей). Необязательный девятый метод `fetch` требуется, если класс операторов должен поддерживать сканирование только индекса и при этом предоставляется метод `compress`.

`consistent`

Для переданной записи индекса p и значения запроса q эта функция определяет, является ли запись индекса «соответствующей» запросу; то есть, может ли предикат «индексированный_столбец индексируемый_оператор q » удовлетворяться для какой-либо строки, представленной данной записью индекса? Для записей на уровне листьев это равносильно проверке индексируемого условия, тогда как для внутреннего узла дерева требуется определить, нужно ли сканировать поддереву индекса, относящееся к данному узлу. Когда результат `true`, также должен возвращаться флаг `recheck`, показывающий, точно ли удовлетворяется предикат или это лишь потенциально возможно. Если `recheck = false`, это означает, что индекс проверил условие предиката в точности, тогда как при `recheck = true` проверяемая строка будет только кандидатом на совпадение. В этом случае система автоматически перепроверит `индексируемый_оператор` с действительным значением строки, чтобы окончательно определить, соответствует ли оно запросу. Благодаря этому GiST поддерживает индексы как точной, так и неточной структуры.

В SQL эта функция должна объявляться примерно так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_consistent(internal, data_type, smallint, oid,
    internal)
RETURNS bool
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

А соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_consistent);
```

```
Datum
my_consistent (PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    data_type *query = PG_GETARG_DATA_TYPE_P(1);
    StrategyNumber strategy = (StrategyNumber) PG_GETARG_UINT16(2);
    /* Oid subtype = PG_GETARG_OID(3); */
    bool *recheck = (bool *) PG_GETARG_POINTER(4);
    data_type *key = DatumGetDataType(entry->key);
    bool retval;

    /*
     * Определить возвращаемое значение как функцию стратегии, ключа и запроса.
     *
     * Вызовите GIST_LEAF(entry), чтобы узнать текущую позицию в дереве индекса,
     * что удобно, например для поддержки оператора = (вы можете проверить
     * равенство в листьях дерева и непустое пересечение в остальных
     * узлах).
     */

    *recheck = true;          /* или false, если проверка точная */

    PG_RETURN_BOOL(retval);
}
```

Здесь `key` — это элемент в индексе, а `query` — значение, искомое в индексе. Параметр `StrategyNumber` показывает, какой оператор из класса операторов применяется — он соответствует одному из номеров операторов, заданных в команде `CREATE OPERATOR CLASS`.

В зависимости от того, какие операторы включены в класс, тип данных `query` может быть разным для разных операторов, так как это будет тот тип, что фигурирует в правой части оператора, и он может отличаться от индексируемого типа данных, фигурирующего слева. (В показанном выше шаблоне предполагается, что допускается только один тип; в противном случае получение значения `query` зависело бы от оператора.) В SQL-объявлении функции `consistent` для аргумента `query` рекомендуется установить индексированный тип данного класса операторов, хотя фактический тип может быть каким-то другим, в зависимости от оператора.

`union`

Этот метод консолидирует информацию в дереве. Получив набор записей, он должен сгенерировать в индексе новую запись, представляющие все эти записи.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_union(internal, internal)
RETURNS storage_type
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_union);

Datum
my_union (PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GistEntryVector *entryvec = (GistEntryVector *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY *ent = entryvec->vector;
    data_type *out,
               *tmp,
               *old;
    int numranges,
```

```

        i = 0;

    numranges = entryvec->n;
    tmp = DatumGetDataType(ent[0].key);
    out = tmp;

    if (numranges == 1)
    {
        out = data_type_deep_copy(tmp);

        PG_RETURN_DATA_TYPE_P(out);
    }

    for (i = 1; i < numranges; i++)
    {
        old = out;
        tmp = DatumGetDataType(ent[i].key);
        out = my_union_implementation(out, tmp);
    }

    PG_RETURN_DATA_TYPE_P(out);
}

```

Как можно заметить, в этом шаблоне мы имеем дело с типом данных, для которого `union(X, Y, Z) = union(union(X, Y), Z)`. Достаточно просто можно поддерживать и такие типы данных, для которых это не выполняется, реализовав соответствующий алгоритм объединения в этом опорном методе GiST.

Результатом функции `union` должно быть значение типа хранения индекса, каким бы он ни был (он может совпадать с типом индексированного столбца, а может и отличаться от него). Функция, реализующая `union`, должна возвращать указатель на память, выделенную вызовом `palloc()`. Она не может просто вернуть полученное значение как есть, даже если оно имеет тот же тип.

Как показано выше, первый аргумент `internal` функции `union` на самом деле представляет указатель `GistEntryVector`. Во втором аргументе (его можно игнорировать) передаётся указатель на целочисленную переменную. (Раньше требовалось, чтобы функция `union` сохраняла в этой переменной размер результирующего значения, но теперь такого требования нет.)

`compress`

Преобразует элемент данных в формат, подходящий для физического хранения в странице индекса. Если метод `compress` не реализован, элементы данных хранятся в индексе без модификации.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION my_compress(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;

```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```

PG_FUNCTION_INFO_V1(my_compress);

Datum
my_compress(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY *retval;

```

```

    if (entry->leafkey)
    {
        /* заменить entry->key сжатой версией */
        compressed_data_type *compressed_data =
        palloc(sizeof(compressed_data_type));

        /* заполнить *compressed_data из entry->key ... */

        retval = palloc(sizeof(GISTENTRY));
        gistentryinit(*retval, PointerGetDatum(compressed_data),
                      entry->rel, entry->page, entry->offset, FALSE);
    }
    else
    {
        /* обычно с записями внутренних узлов ничего делать не нужно */
        retval = entry;
    }

    PG_RETURN_POINTER(retval);
}

```

Разумеется, *compressed_data_type* (тип сжатых данных) нужно привести к нужному типу, при преобразовании в который будут сжиматься узлы на уровне листьев.

decompress

Преобразует сохранённое представление данных в формат, с которым смогут работать другие методы GiST в классе операторов. Если метод `decompress` опускается, подразумевается, что эти методы могут работать непосредственно с форматом хранения данных. (Метод `decompress` не обязательно будет обратным к `compress`; в частности, если функция `compress` сохраняет данные с потерями, `decompress` не сможет восстановить в точности исходные данные. Поэтому метод `decompress` в общем случае неравнозначен `fetch`, так как другим методам GiST может не потребоваться восстанавливать данные полностью.)

В SQL эта функция должна объявляться так:

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION my_decompress(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;

```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```

PG_FUNCTION_INFO_V1(my_decompress);

Datum
my_decompress(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    PG_RETURN_POINTER(PG_GETARG_POINTER(0));
}

```

Этот шаблон подходит для случая, когда преобразовывать данные не нужно. (Но, разумеется, ещё проще и в большинстве случаев рекомендуется вовсе опустить этот метод.)

penalty

Возвращает значение, выражающее «стоимость» добавления новой записи в конкретную ветвь дерева. Элементы будут вставляться по тому направлению в дереве, для которого значение `penalty` минимально. Результаты `penalty` должны быть неотрицательными; если возвращается отрицательное значение, оно воспринимается как ноль.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_penalty(internal, internal, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT; -- в некоторых случаях функции стоимости не должны быть строгими
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_penalty);

Datum
my_penalty(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY *origentry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GISTENTRY *newentry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(1);
    float *penalty = (float *) PG_GETARG_POINTER(2);
    data_type *orig = DatumGetDataType(origentry->key);
    data_type *new = DatumGetDataType(newentry->key);

    *penalty = my_penalty_implementation(orig, new);
    PG_RETURN_POINTER(penalty);
}
```

По историческим причинам функция `penalty` не просто возвращает результат типа `float`; вместо этого она должна сохранить его значение по адресу, указанному третьим аргументом. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать этот же адрес.

Функция `penalty` важна для хорошей производительности индекса. Она будет вызываться во время добавления записи, чтобы выбрать ветвь для дальнейшего движения, когда в дерево нужно добавить новый элемент. Это имеет значение во время запроса, так как чем более сбалансирован индекс, тем быстрее будет поиск в нём.

`picksplit`

Когда необходимо разделить страницу индекса, эта функция решает, какие записи должны остаться в старой странице, а какие нужно перенести в новую.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_picksplit(internal, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_picksplit);

Datum
my_picksplit(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GistEntryVector *entryvec = (GistEntryVector *) PG_GETARG_POINTER(0);
    GIST_SPLITVEC *v = (GIST_SPLITVEC *) PG_GETARG_POINTER(1);
    OffsetNumber maxoff = entryvec->n - 1;
    GISTENTRY *ent = entryvec->vector;
    int i,
        nbytes;
    OffsetNumber *left,
        *right;
    data_type *tmp_union;
    data_type *unionL;
    data_type *unionR;
    GISTENTRY **raw_entryvec;
```



```

maxoff = entryvec->n - 1;
nbytes = (maxoff + 1) * sizeof(OffsetNumber);

v->spl_left = (OffsetNumber *) palloc(nbytes);
left = v->spl_left;
v->spl_nleft = 0;

v->spl_right = (OffsetNumber *) palloc(nbytes);
right = v->spl_right;
v->spl_nright = 0;

unionL = NULL;
unionR = NULL;

/* Инициализировать чистый вектор записи. */
raw_entryvec = (GISTENTRY **) malloc(entryvec->n * sizeof(void *));
for (i = FirstOffsetNumber; i <= maxoff; i = OffsetNumberNext(i))
    raw_entryvec[i] = &(entryvec->vector[i]);

for (i = FirstOffsetNumber; i <= maxoff; i = OffsetNumberNext(i))
{
    int          real_index = raw_entryvec[i] - entryvec->vector;

    tmp_union = DatumGetDataTypes(entryvec->vector[real_index].key);
    Assert(tmp_union != NULL);

    /*
     * Выбрать, куда помещать записи индекса и изменить unionL и unionR
     * соответственно. Добавить записи в v_spl_left или
     * v_spl_right и увеличить счётчики.
     */

    if (my_choice_is_left(unionL, curl, unionR, curr))
    {
        if (unionL == NULL)
            unionL = tmp_union;
        else
            unionL = my_union_implementation(unionL, tmp_union);

        *left = real_index;
        ++left;
        ++(v->spl_nleft);
    }
    else
    {
        /*
         * То же самое с правой стороной
         */
    }
}

v->spl_ldatum = DataTypeGetDatum(unionL);
v->spl_rdatum = DataTypeGetDatum(unionR);
PG_RETURN_POINTER(v);
}

```

Заметьте, что результат функции `picksplit` доставляется через полученную на вход структуру `v`. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать адрес `v`.

Как и `penalty`, функция `picksplit` важна для хорошей производительности индекса. Сложность создания быстродействующих индексов GiST заключается как раз в разработке подходящих реализаций `penalty` и `picksplit`.

`same`

Возвращает `true`, если два элемента индекса равны, и `false` в противном случае. («Элемент индекса» — это значение типа хранения индекса, а не обязательно исходного типа индексируемого столбца.)

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_same(storage_type, storage_type, internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C может реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_same);

Datum
my_same(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    prefix_range *v1 = PG_GETARG_PREFIX_RANGE_P(0);
    prefix_range *v2 = PG_GETARG_PREFIX_RANGE_P(1);
    bool          *result = (bool *) PG_GETARG_POINTER(2);

    *result = my_eq(v1, v2);
    PG_RETURN_POINTER(result);
}
```

По историческим причинам функция `same` не просто возвращает результат булевского типа; вместо этого она должна сохранить флаг по адресу, указанному третьим аргументом. Собственно возвращаемое значение игнорируется, хотя в нём принято возвращать этот же адрес.

`distance`

Для переданной записи индекса `p` и значения запроса `q` эта функция определяет «дистанцию» от записи индекса до значения в запросе. Эта функция должна быть представлена, если класс операторов содержит какие-либо операторы упорядочивания. Запрос с оператором упорядочивания будет выполняться так, чтобы записи индекса с наименьшей «дистанцией» возвращались первыми, так что результаты должны согласовываться со смысловым значением оператора. Для записи на уровне листьев результат представляет только дистанцию до этой записи, а для внутреннего узла дерева это будет минимальная дистанция, которая может быть получена среди всех его потомков.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION my_distance(internal, data_type, smallint, oid, internal)
RETURNS float8
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;
```

И соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```
PG_FUNCTION_INFO_V1(my_distance);

Datum
my_distance(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    data_type *query = PG_GETARG_DATA_TYPE_P(1);
```

```

StrategyNumber strategy = (StrategyNumber) PG_GETARG_UINT16(2);
/* Oid subtype = PG_GETARG_OID(3); */
/* bool *recheck = (bool *) PG_GETARG_POINTER(4); */
data_type *key = DatumGetDataTypes(entry->key);
double      retval;

/*
 * определить возвращаемое значение как функцию стратегии, ключа и запроса.
 */

PG_RETURN_FLOAT8(retval);
}

```

Функции `distance` передаются те же аргументы, что и функции `consistent`.

При определении дистанции допускается некоторая неточность, если результат никогда не будет превышать действительную дистанцию до элемента. Так, например, в геометрических приложениях бывает достаточно определить дистанцию до описанного прямоугольника. Для внутреннего узла дерева результат не должен превышать дистанцию до любого из его дочерних узлов. Если возвращаемая дистанция неточная, функция должна установить флаг `*recheck`. (Это необязательно для внутренних узлов дерева; для них результат всегда считается неточным.) В этом случае исполнитель вычислит точную дистанцию, выбрав кортеж из кучи, и переупорядочит кортежи при необходимости.

Если функция `distance` возвращает `*recheck = true` для любого узла на уровне листьев, типом результата исходного оператора упорядочивания должен быть `float8` или `float4`, и значения результата функции `distance` должны быть сравнимы с результатами исходного оператора упорядочивания, так как исполнитель будет выполнять сортировку, используя и результаты функции `distance`, и уточнённые результаты оператора упорядочивания. В противном случае значениями результата `distance` могут быть любые конечные значения `float8`, при условии, что относительный порядок значений результата соответствует порядку, который даёт оператор упорядочивания. (Значения бесконечность и минус бесконечность применяются внутри для особых случаев, например, представления `NULL`, поэтому возвращать такие значения из функций `distance` не рекомендуется.)

fetch

Преобразует сжатое представление элемента данных в индексе в исходный тип данных, для сканирования только индекса. Возвращаемые данные должны быть точной, не примерной копией изначально проиндексированного значения.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION my_fetch(internal)
RETURNS internal
AS 'MODULE_PATHNAME'
LANGUAGE C STRICT;

```

В качестве аргумента ей передаётся указатель на структуру `GISTENTRY`. При вызове её поле `key` содержит данные листа в сжатой форме (не `NULL`). Возвращаемое значение — ещё одна структура `GISTENTRY`, в которой поле `key` содержит те же данные в исходной, развёрнутой форме. Если функция `compress` класса операторов не делает с данными листьев ничего, метод `fetch` может вернуть аргумент без изменений. Либо, если класс операторов не имеет функции `compress`, метод `fetch` тоже может быть опущен, так как он в любом случае не должен ничего делать.

Соответствующий код в модуле C должен реализовываться по такому шаблону:

```

PG_FUNCTION_INFO_V1(my_fetch);

Datum

```

```

my_fetch(PG_FUNCTION_ARGS)
{
    GISTENTRY *entry = (GISTENTRY *) PG_GETARG_POINTER(0);
    input_data_type *in = DatumGetP(entry->key);
    fetched_data_type *fetched_data;
    GISTENTRY *retval;

    retval = palloc(sizeof(GISTENTRY));
    fetched_data = palloc(sizeof(fetched_data_type));

    /*
     * Преобразовать структуру 'fetched_data' в Datum исходного типа данных.
     */

    /* заполнить *retval из fetched_data. */
    gistentryinit(*retval, PointerGetDatum(converted_datum),
                  entry->rel, entry->page, entry->offset, FALSE);

    PG_RETURN_POINTER(retval);
}

```

Если метод сжатия является неточным для записей уровня листьев, такой класс операторов не может поддерживать сканирование только индекса и не должен определять функцию `fetch`.

Все опорные методы GiST обычно вызываются в кратковременных контекстах памяти; то есть, `CurrentMemoryContext` сбрасывается после обработки каждого кортежа. Таким образом можно не заботиться об освобождении любых блоков памяти, выделенных функцией `palloc`. Однако в некоторых случаях для опорного метода полезно кешировать какие-либо данные между вызовами. Для этого нужно разместить долгоживущие данные в контексте `fcinfo->flinfo->fn_mcxt` и сохранить указатель на них в `fcinfo->flinfo->fn_extra`. Такие данные смогут просуществовать всё время операции с индексом (например, одно сканирование индекса GiST, построение индекса или добавление кортежа в индекс). Не забудьте вызвать `rfree` для предыдущего значения, заменяя значение в `fn_extra`, чтобы не допустить накопления утечек памяти в ходе операции.

64.4. Реализация

64.4.1. Построение GiST с буферизацией

Если попытаться построить большой индекс GiST, просто добавляя все кортежи по очереди, скорее всего это будет медленно, потому что если кортежи индексов будут разбросаны по всему индексу, а индекс будет большим и не поместится в кеше, при добавлении записей потребуется произвести множество операций произвольного доступа. Начиная с версии 9.2, PostgreSQL поддерживает более эффективный метод построения индексов с применением буферизации, что позволяет кардинально сократить число операций произвольного доступа, требующихся при обработке неупорядоченных наборов данных. Для хорошо упорядоченных наборов выигрыш может быть минимальным или вообще отсутствовать, так как всего несколько страниц будут принимать новые кортежи в один момент времени, и эти страницы будут умещаться в кеше, даже если весь индекс очень большой.

Однако, при построении индекса с буферизацией приходится гораздо чаще вызывать функцию `penalty`, на что уходят дополнительные ресурсы процессора. Кроме того, используемым для этой операции буферам требуется временное место на диске, вплоть до размера результирующего индекса. Буферизация также может повлиять на качество результирующего индекса, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Это влияние зависит от различных факторов, например, от распределения поступающих данных и от реализации класса операторов.

По умолчанию при построении индекса GiST включается буферизация, когда размер индекса достигает значения `effective_cache_size`. Этот режим можно вручную включить или отключить с помощью параметра `buffering` команды `CREATE INDEX`. Поведение по умолчанию достаточно эф-

фективно в большинстве случаев, но если входные данные упорядочены, исключив буферизацию, можно получить некоторое ускорение.

64.5. Примеры

В дистрибутив исходного кода PostgreSQL включены несколько примеров методов индексов, реализованных на базе GiST. В настоящее время ядро системы обеспечивает поддержку текстового поиска (индексацию типов `tsvector` и `tsquery`), а также функциональность R-дерева для некоторых встроенных геометрических типов данных (см. `src/backend/access/gist/gistproc.c`). Классы операторов GiST содержатся также и в следующих дополнительных модулях (`contrib`):

`btree_gist`

Функциональность B-дерева для различных типов данных

`cube`

Индексирование для многомерных кубов

`hstore`

Модуль для хранения пар (ключ, значение)

`intarray`

RD-дерево для одномерных массивов значений `int4`

`ltree`

Индексирование древовидных структур

`pg_trgm`

Схожесть текста на основе статистики триграмм

`seg`

Индексирование «диапазонов чисел с плавающей точкой»

Глава 65. Индексы SP-GiST

65.1. Введение

Аббревиатура SP-GiST расшифровывается как «Space-Partitioned GiST» (GiST с разбиением пространства). SP-GiST поддерживает деревья поиска с разбиением, что облегчает разработку широкого спектра различных несбалансированных структур данных, в том числе деревьев квадрантов, а также k-мерных и префиксных деревьев. Общей характеристикой этих структур является то, что они последовательно разбивают пространство поиска на сегменты, которые не обязательно должны быть равного размера. При этом поиск, хорошо соответствующий правилу разбиения, с таким индексом может быть очень быстрым.

Эти популярные структуры данных изначально конструировались для работы в памяти. При таком применении они обычно представляются в виде набора динамически выделяемых узлов, связываемых указателями. Однако подобную схему нельзя в таком виде перенести на диск, так как цепочки указателей могут быть довольно длинными, и поэтому потребуется слишком много обращений к диску. Структуры данных для хранения на диске, напротив, должны иметь большую разветвлённость для минимизации объёма ввода/вывода. Для решения этой задачи SP-GiST сопоставляет узлы дерева поиска со страницами на диске так, чтобы при поиске требовалось обращаться только к нескольким страницам на диске, даже если при этом нужно просмотреть множество узлов.

Как и GiST, SP-GiST призван дать возможность разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД.

Представленная здесь информация частично позаимствована с *сайта* Проекта индексации SP-GiST Университета Пердью. Сопровождением реализации SP-GiST в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов; дополнительные сведения можно получить на их *сайте*.

65.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов SP-GiST, перечисленные в Таблице 65.1.

Таблица 65.1. Встроенные классы операторов SP-GiST

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
kd_point_ops	point	<< <@ <^ >> >^ ~=
quad_point_ops	point	<< <@ <^ >> >^ ~=
range_ops	любой тип диапазона	&& &< &> - - << <@ = >> @>
box_ops	box	<< &< && &> >> ~= @> <@ &< << >> &>
poly_ops	polygon	<< &< && &> >> ~= @> <@ &< << >> &>
text_ops	text	< <= = > >= ~<=~ ~<~ ~>=~ ~>~ ^@
inet_ops	inet, cidr	&& >> >>= > >= <> << <<= < <= =

Из двух классов операторов для типа point классом по умолчанию является quad_point_ops. Класс kd_point_ops поддерживает те же операторы, но использует другую структуру данных индекса, которая может дать выигрыш в скорости для некоторых приложений.

65.3. Расширяемость

SP-GiST предлагает интерфейс с высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только методы, специфичные для конкретного типа данных. Ядро SP-GiST отвечает за эффективную схему обращений к диску и поиск в структуре дерева, а также берёт на себя заботу о параллельном доступе и поддержке журнала.

Кортежи в листьях дерева SP-GiST содержат значения того же типа данных, что и индексируемый столбец. На верхнем уровне эти кортежи содержат всегда исходное индексируемое значение данных, но на более нижних могут содержать только сокращённое представление, например, суффикс. В этом случае опорные функции класса операторов должны уметь восстанавливать исходное значение, собирая его из внутренних кортежей, которые нужно пройти для достижения уровня конкретного листа.

Внутренние кортежи устроены сложнее, так как они представляют собой точки разветвления в дереве поиска. Каждый внутренний кортеж содержит набор из одного или нескольких узлов, представляющих группы сходных значений листьев. Узел содержит ответвление, приводящее либо к другому, внутреннему кортежу нижнего уровня, либо к короткому списку кортежей в листьях, лежащих в одной странице индекса. Для каждого узла обычно задаётся *метка*, описывающая его; например, в префиксном дереве меткой может быть очередной символ в строковом значении. (С другой стороны, класс операторов может опускать метки узлов, если он имеет дело с фиксированным набором узлов во всех внутренних кортежах; см. Подраздел 65.4.2.) Дополнительно внутренний кортеж может хранить *префикс*, описывающий все его члены. В префиксном дереве это может быть общий префикс всех представленных ниже строк. Значением префикса не обязательно должен быть префикс, а могут быть любые данные, требующиеся классу операторов; например, в дереве квадрантов это может быть центральная точка, от которой отмеряются четыре квадранта. В этом случае внутренний кортеж дерева квадрантов будет также содержать четыре узла, соответствующие квадрантам вокруг этой центральной точки.

Некоторые алгоритмы деревьев требуют знания уровня (или глубины) текущего кортежа, так что ядро SP-GiST даёт возможность классам операторов контролировать число уровней при спуске по дереву. Также имеется поддержка пошагового восстановления представленного значения, когда это требуется, и передачи вниз дополнительных данных (так называемых *переходящих значений*) при спуске.

Примечание

Ядро SP-GiST берёт на себя заботу о значениях NULL. Хотя в индексах SP-GiST не хранятся записи для NULL в индексируемых столбцах, это скрыто от кода класса операторов; записи индексов или условия поиска с NULL никогда не передаются методам класса операторов. (Предполагается, что операторы SP-GiST строгие и не могут возвращать положительный результат для значений NULL.) Поэтому значения NULL здесь больше обсуждаться не будут.

Класс операторов индекса для SP-GiST должен предоставить пять методов и может дополнительно предоставить ещё один. Все пять обязательных методов должны по единому соглашению принимать два аргумента *internal*, первым из которых будет указатель на структуру C, содержащую входные значения для опорного метода, а вторым — указатель на структуру C, в которую должны помещаться выходные значения. Четыре из этих методов должны возвращать просто *void*, так как их результаты помещаются в выходную структуру; однако *leaf_consistent* дополнительно возвращает результат *boolean*. Эти методы не должны менять никакие поля в их входных структурах. Выходная структура всегда обнуляется перед вызовом пользовательского метода. Необязательный шестой метод *compress* принимает в единственном аргументе данные, подлежащие индексированию, и возвращает значение, подходящее для физического хранения в кортеже уровня листьев.

Пользователь должен определить следующие пять обязательных методов:

`config`

Возвращает статическую информацию о реализации индекса, включая OID типов данных префикса и метки узла.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_config(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgConfigIn` языка C, содержащие входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgConfigOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgConfigIn
{
    Oid          attType;          /* Индексируемый тип данных */
} spgConfigIn;

typedef struct spgConfigOut
{
    Oid          prefixType;       /* Тип данных префикса во внутренних кортежах */
    Oid          labelType;        /* Тип данных метки узла во внутренних кортежах */
    Oid          leafType;         /* Тип данных в кортежах уровня листьев */
    bool         canReturnData;    /* Класс операторов может восстановить исходные
данные */
    bool         longValuesOK;     /* Класс может принимать значения, не уместящиеся на
одной странице */
} spgConfigOut;
```

Поле `attType` передаётся для поддержки полиморфных классов операторов; для обычных классов операторов с фиксированным типом оно будет всегда содержать одно значение и поэтому его можно просто игнорировать.

Для классов операторов, не использующих префиксы, в `prefixType` можно установить `VOIDOID`. Подобным образом, для классов операторов, не использующих метки узлов, в `labelType` тоже можно установить `VOIDOID`. Признак `canReturnData` следует установить, если класс операторов может восстановить изначально переданное в индекс значение. Признак `longValuesOK` должен устанавливаться, только если `attType` переменной длины и класс операторов может фрагментировать длинные значения, повторяя суффиксы (см. Подраздел 65.4.1).

Значение `leafType` обычно совпадает с `attType`. Для обеспечения обратной совместимости методу `config` разрешается оставить `leafType` неинициализированным; это будет иметь тот же эффект, что и присвоение `leafType` значения `attType`. Когда `attType` и `leafType` различаются, должен предоставляться метод `compress`. Метод `compress` отвечает за преобразование данных, подлежащих индексации, из типа `attType` в тип `leafType`. Заметьте, что обе функции, оценивающие согласованность, получают значения `scankeys` неизменёнными, не прошедшими через `compress`.

`choose`

Выбирает метод для добавления нового значения во внутренний кортеж.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_choose(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgChooseIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgChooseOut`, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgChooseIn
{
    Datum        datum;           /* исходное значение, которое должно индексироваться */
    Datum        leafDatum;       /* текущее значение, которое должно сохраниться в
листе */
    int          level;           /* текущий уровень (начиная с нуля) */

    /* Данные из текущего внутреннего кортежа */
    bool         allTheSame;      /* кортеж с признаком все-равны? */
    bool         hasPrefix;       /* у кортежа есть префикс? */
}
```



```

Datum      prefixDatum;      /* если да, то это значение префикса */
int        nNodes;           /* число узлов во внутреннем кортеже */
Datum      *nodeLabels;      /* значения меток узлов (NULL, если их нет) */
} spgChooseIn;

typedef enum spgChooseResultType
{
    spgMatchNode = 1,         /* спуститься в существующий узел */
    spgAddNode,               /* добавить узел во внутренний кортеж */
    spgSplitTuple             /* разделить внутренний кортеж (изменить его
префикс) */
} spgChooseResultType;

typedef struct spgChooseOut
{
    spgChooseResultType resultType; /* код действия, см. выше */
    union
    {
        struct                /* результаты для spgMatchNode */
        {
            int      nodeN;      /* спуститься к этому узлу (нумерация с 0) */
            int      levelAdd;   /* шаг увеличения уровня */
            Datum     restDatum; /* новое значение листа */
        } matchNode;
        struct                /* результаты для spgAddNode */
        {
            Datum     nodeLabel; /* метка нового узла */
            int      nodeN;      /* куда вставлять её (нумерация с 0) */
        } addNode;
        struct                /* результаты для spgSplitTuple */
        {
            /* Информация для формирования нового внутреннего кортежа верхнего
уровня с одним дочерним кортежем */
            bool      prefixHasPrefix; /* кортеж должен иметь префикс? */
            Datum     prefixPrefixDatum; /* если да, его значение */
            int      prefixNNodes; /* число узлов */
            Datum     *prefixNodeLabels; /* их метки (или NULL, если
* меток нет) */
            int      childNodeN; /* узел, который получит дочерний кортеж
*/

            /* Информация для формирования нового внутреннего кортежа нижнего уровня
со всеми старыми узлами */
            bool      postfixHasPrefix; /* кортеж должен иметь префикс? */
            Datum     postfixPrefixDatum; /* если да, его значение */
        } splitTuple;
    } result;
} spgChooseOut;

```

В datum передаётся исходное значение типа spgConfigIn.attType, которое должно быть вставлено в индекс. В leafDatum содержится значение типа spgConfigOut.leafType, изначально представляющее собой результат метода compress, применённого к datum, если метод compress реализован, а иначе — собственно значение datum. leafDatum может быть другим на нижних уровнях дерева, если его изменят функции choose или picksplit. Когда поиск места добавления достигает страницы уровня листа, в создаваемом кортеже листа сохраняется текущее значение leafDatum. В level задаётся текущий уровень внутреннего кортежа, начиная с нуля для уровня корня. Признак allTheSame устанавливается, если текущий внутренний кортеж содержит несколько равнозначных узлов (см. Подраздел 65.4.3). Признак hasPrefix устанавливает-

ся, если текущий внутренний кортеж содержит префикс; в этом случае в `prefixDatum` задаётся его значение. Поле `nNodes` задаёт число дочерних узлов, содержащихся во внутреннем кортеже, а `nodeLabels` представляет массив их меток или `NULL`, если меток у них нет.

Функция `choose` может определить, соответствует ли новое значение одному из существующих дочерних узлов, или что нужно добавить новый дочерний узел, или что новое значение не согласуется с префиксом кортежа и внутренний кортеж нужно разделить, чтобы получить менее ограничивающий префикс.

Если новое значение соответствует одному из существующих дочерних узлов, установите в `resultType` значение `spgMatchNode`. Установите в `nodeN` номер этого узла в массиве узлов (нумерация начинается с нуля). Установите в `levelAdd` значение, на которое должен увеличиваться уровень (`level`) при спуске через этот узел, либо оставьте его нулевым, если класс операторов не отслеживает уровни. Установите `restDatum`, равным `leafDatum`, если класс операторов не меняет значения данных от уровня к уровню, а в противном случае запишите в него изменённое значение, которое должно использоваться в качестве `leafDatum` на следующем уровне.

Если нужно добавить новый дочерний узел, установите в `resultType` значение `spgAddNode`. В `nodeLabel` задайте метку для нового узла, а в `nodeN` позицию (отсчитываемую от нуля), в которую должен вставляться узел в массиве узлов. После того как узел будет добавлен, функция `choose` вызывается снова с изменённым внутренним кортежем; в результате этого вызова должен быть получен результат `spgMatchNode`.

Если новое значение не согласуется с префиксом кортежа, установите в `resultType` значение `spgSplitTuple`. Это действие приводит к перемещению всех существующих узлов в новый внутренний кортеж нижнего уровня и замене существующего внутреннего кортежа кортежем, содержащим одну ссылку вниз на новый внутренний кортеж. Установите признак `prefixHasPrefix`, чтобы указать, должен ли новый верхний кортеж иметь префикс, и если да, задайте в `prefixPrefixDatum` значение префикса. Это новое значение префикса должно быть в достаточной мере менее ограничивающим, чем исходное, чтобы в индекс было принято новое значение. Запишите в `prefixNNodes` число требующихся узлов в новом кортеже, а в `prefixNodeLabels` — указатель на выделенный через `palloc` массив с их метками или `NULL`, если метки узлов не нужны. Заметьте, что общий размер нового кортежа верхнего уровня не должен превышать общий размер кортежа, который он замещает; это ограничивает длины нового префикса и новых меток. Установите в `childNodeN` индекс (начиная с нуля) узла, который будет ссылаться на новый внутренний кортеж нижнего уровня. Установите признак `postfixHasPrefix`, чтобы указать, должен ли новый внутренний кортеж нижнего уровня иметь префикс, и если да, задайте в `postfixPrefixDatum` значение префикса. Сочетание этих двух префиксов и метки узла, ссылающегося вниз, (если она есть) должно иметь то же значение, что и исходный префикс, так как нет возможности ни изменить метки узлов, перемещённых в новый кортеж нижнего уровня, ни изменить какие-либо нижние записи индекса. После того как узел разделён, функция `choose` будет вызвана снова с заменяемым внутренним кортежем. При этом вызове может быть возвращён результат `spgAddNode`, если подходящий узел не был создан действием `spgSplitTuple`. В конце концов `choose` должна вернуть `spgMatchNode`, чтобы операция добавления могла перейти на следующий уровень.

`picksplit`

Выбирает, как создать новый внутренний кортеж по набору кортежей в листьях.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_picksplit(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgPickSplitIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgPickSplitOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgPickSplitIn
{
```

```

    int          nTuples;          /* число кортежей в листьях */
    Datum        *datums;          /* их значения (массив длины nTuples) */
    int          level;            /* текущий уровень (отсчитывая от 0) */
} spgPickSplitIn;

typedef struct spgPickSplitOut
{
    bool          hasPrefix;        /* новый внутренний кортеж должен иметь префикс? */
    Datum        prefixDatum;      /* если да, его значение */

    int          nNodes;           /* число узлов для нового внутреннего кортежа */
    Datum        *nodeLabels;      /* их метки (или NULL, если их нет) */

    int          *mapTuplesToNodes; /* номер узла для каждого кортежа в листе */
    Datum        *leafTupleDatums; /* значения, помещаемые в каждый новый кортеж */
} spgPickSplitOut;

```

В `nTuples` задаётся число предоставленных кортежей уровня листьев, а в `datums` — массив их значений типа `spgConfigOut.leafType`. В `level` указывается текущий уровень, который должны разделять все кортежи листьев, и который станет уровнем нового внутреннего кортежа.

Установите признак `hasPrefix`, чтобы указать, должен ли новый внутренний кортеж иметь префикс, и если да, задайте в `prefixDatum` значение префикса. Установите в `nNodes` количество узлов, которые будут содержаться во внутреннем кортеже, а в `nodeLabels` — массив значений их меток либо `NULL`, если узлам не нужны метки. Поместите в `mapTuplesToNodes` указатель на массив, назначающий номера узлов (начиная с нуля) каждому кортежу листа. В `leafTupleDatums` передайте массив значений, которые должны быть сохранены в новых кортежах листьев (они будут совпадать со входными значениями (`datums`), если класс операторов не изменяет значения от уровня к следующему). Заметьте, что функция `picksplit` сама должна выделить память, используя `palloc`, для массивов `nodeLabels`, `mapTuplesToNodes` и `leafTupleDatums`.

Если передаётся несколько кортежей листьев, ожидается, что функция `picksplit` классифицирует их и разделит на несколько узлов; иначе нельзя будет разнести кортежи листьев по разным страницам, что является конечной целью этой операции. Таким образом, если `picksplit` в итоге помещает все кортежи листьев в один узел, ядро SP-GiST меняет это решение и создаёт внутренний кортеж, в котором кортежи листьев связываются случайным образом с несколькими узлами с одинаковыми метками. Такой кортеж помечается флагом `allTheSame`, показывающим, что все узлы равны. Функции `choose` и `inner_consistent` должны работать с такими внутренними кортежами особым образом. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 65.4.3.

`picksplit` может применяться к одному кортежу на уровне листьев, только когда функция `config` установила в `longValuesOK` значение `true` и было передано входное значение, большее страницы. В этом случае цель операции — отделить префикс и получить новое, более короткое значение для листа. Этот вызов будет повторяться, пока значение уровня листа не уменьшится настолько, чтобы уместиться в странице. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 65.4.1.

`inner_consistent`

Возвращает набор узлов (ветвей), по которым надо продолжать поиск.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_inner_consistent(internal, internal) RETURNS void ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgInnerConsistentIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgInnerConsistentOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgInnerConsistentIn
```

```

{
    ScanKey      scankeys;          /* массив операторов и искомых значений */
    int          nkeys;             /* длина массива */

    Datum        reconstructedValue; /* значение, восстановленное для родителя */
    void         *traversalValue; /* переходящее значение, специфичное для класса
операторов */
    MemoryContext traversalMemoryContext; /* переходящие значения нужно помещать
сюда */
    int          level;             /* текущий уровень (отсчитывается от нуля) */
    bool         returnData;        /* нужно ли возвращать исходные данные? */

    /* Данные из текущего внутреннего кортежа */
    bool         allTheSame;        /* кортеж с признаком все-равны? */
    bool         hasPrefix;         /* у кортежа есть префикс? */
    Datum        prefixDatum;       /* если да, то это значение префикса */
    int          nNodes;            /* число узлов во внутреннем кортеже */
    Datum        *nodeLabels;       /* значения меток узлов (NULL, если их нет) */
} spgInnerConsistentIn;

typedef struct spgInnerConsistentOut
{
    int          nNodes;            /* число дочерних узлов, которые нужно посетить */
    int          *nodeNumbers;      /* их номера в массиве узлов */
    int          *levelAdds;        /* шаги увеличения уровня для этих узлов */
    Datum        *reconstructedValues; /* связанные восстановленные значения */
    void         **traversalValues; /* переходящие значения, специфичные для
класса операторов */
} spgInnerConsistentOut;

```

Массив `scankeys` длины `nkeys` описывает условия поиска по индексу. Эти условия объединяются операцией И — найдены должны быть только те записи, которые удовлетворяют всем условиям. (Заметьте, что с `nkeys = 0` подразумевается, что запросу удовлетворяют все записи в индексе.) Обычно эту функцию интересуют только поля `sk_strategy` и `sk_argument` в каждой записи массива, в которых определяется соответственно индексируемый оператор и искомое значение. В частности, нет необходимости проверять `sk_flags`, чтобы распознать NULL в искомом значении, так как ядро SP-GiST отфильтрует такие условия. В `reconstructedValue` передаётся значение, восстановленное для родительского кортежа; это может быть (`Datum`) 0 на уровне корня или если функция `inner_consistent` не установила значение на предыдущем уровне. Значение `reconstructedValue` всегда имеет тип `spgConfigOut.leafType`. В `traversalValue` передаётся указатель на переходящие данные, полученные из предыдущего вызова `inner_consistent` для родительского кортежа индекса, либо NULL на уровне корня. Поле `traversalMemoryContext` указывает на контекст памяти, в котором нужно сохранить выходные переходящие данные (см. ниже). В `level` передаётся уровень текущего внутреннего кортежа (уровень корня считается нулевым). Флаг `returnData` устанавливается, когда для этого запроса нужно получить восстановленные данные; это возможно, только если функция `config` установила признак `canReturnData`. Признак `allTheSame` устанавливается, если текущий внутренний кортеж имеет пометку «все-равны»; в этом случае все узлы имеют одну метку (если имеют) и значит, либо все они, либо никакой не соответствует запросу (см. Подраздел 65.4.3). Признак `hasPrefix` устанавливается, если текущий внутренний кортеж содержит префикс; в этом случае в `prefixDatum` находится его значение. В `nNodes` задаётся число дочерних узлов, содержащихся во внутреннем кортеже, а в `nodeLabels` — массив их меток либо NULL, если они не имеют меток.

В `nNodes` нужно записать число дочерних узлов, которые потребуется посетить при поиске, а в `nodeNumbers` — массив их индексов. Если класс операторов отслеживает уровни, в `levelAdds` нужно передать массив с шагами увеличения уровня при посещении каждого узла. (Часто шаг будет одним для всех узлов, но может быть и по-другому, поэтому применяется массив.) Ес-

ли потребовалось восстановить значения, поместите в `reconstructedValues` указатель на массив значений типа `spgConfigOut.leafType`, восстановленных для каждого дочернего узла, который нужно посетить; в противном случае оставьте `reconstructedValues` равным `NULL`. Если желательно передать дополнительные данные («переходящие значения») на нижние уровни при поиске по дереву, поместите в `traversalValues` указатель на массив соответствующих переходящих значений, по одному для каждого дочернего узла, который нужно посетить; в противном случае оставьте в `traversalValues` значение `NULL`. Заметьте, что функция `inner_consistent` сама должна выделять память, используя `palloc`, для массивов `nodeNumbers`, `levelAdds`, `distances`, `reconstructedValues` и `traversalValues` в текущем контексте памяти. Однако выходные переходящие значения, на которые указывает массив `traversalValues`, должны размещаться в контексте `traversalMemoryContext`. При этом каждое переходящее значения должно располагаться в отдельном блоке памяти `palloc`.

`leaf_consistent`

Возвращает `true`, если кортеж листа удовлетворяет запросу.

В SQL эта функция должна объявляться так:

```
CREATE FUNCTION my_leaf_consistent(internal, internal) RETURNS bool ...
```

В первом аргументе передаётся указатель на структуру `spgLeafConsistentIn` языка C, содержащую входные данные для функции. Во втором аргументе передаётся указатель на структуру `spgLeafConsistentOut` языка C, в которую функция должна поместить результат.

```
typedef struct spgLeafConsistentIn
{
    ScanKey      scankeys;          /* массив операторов и искомых значений */
    int          nkeys;             /* длина массива */

    Datum        reconstructedValue; /* значение, восстановленное для родителя */
    void         *traversalValue; /* переходящее значение, специфичное для класса
операторов */
    int          level;             /* текущий уровень (отсчитывая от нуля) */
    bool         returnData;        /* нужно ли возвращать исходные данные? */

    Datum        leafDatum;         /* значение в кортеже листа */
} spgLeafConsistentIn;

typedef struct spgLeafConsistentOut
{
    Datum        leafValue;         /* восстановленные исходные данные, при наличии */
    bool         recheck;           /* true, если оператор нужно перепроверить */
} spgLeafConsistentOut;
```

Массив `scankeys` длины `nkeys` описывает условия поиска по индексу. Эти условия объединяются операцией И — запросу удовлетворяют только те записи в индексе, которые удовлетворяют всем этим условиям. (Заметьте, что с `nkeys = 0` подразумевается, что запросу удовлетворяют все записи в индексе.) Обычно эту функцию интересуют только поля `sk_strategy` и `sk_argument` в каждой записи массива, в которых определяются соответственно индексируемый оператор и искомое значение. В частности, нет необходимости проверять `sk_flags`, чтобы распознать `NULL` в искомом значении, так как ядро SP-GiST отфильтрует такие условия. В `reconstructedValue` передаётся значение, восстановленное для родительского кортежа; это может быть (`Datum`) `0` на уровне корня или если функция `inner_consistent` не установила значение на предыдущем уровне. Значение `reconstructedValue` всегда имеет тип `spgConfigOut.leafType`. В `traversalValue` передаётся указатель на переходящие данные, полученные из предыдущего вызова `inner_consistent` для родительского кортежа индекса, либо `NULL` на уровне корня. В `level` передаётся уровень текущего внутреннего кортежа (уровень корня считается нулевым). Флаг `returnData` устанавливается, когда для этого запроса нужно получить восстановленные данные; это возможно, только если функция `config` установила при-

знак `canReturnData`. В `leafDatum` передаётся значение ключа типа `spgConfigOut.leafType`, записанное в текущем кортеже листа.

Эта функция должна вернуть `true`, если кортеж листа соответствует запросу, или `false` в противном случае. В случае положительного результата, если в поле `returnData` передано `true`, нужно поместить в `leafValue` значение типа `spgConfigIn.attType`, изначально переданное для индексации в этот кортеж. Кроме того, флагу `recheck` можно присвоить `true`, если соответствие неточное, так что для установления точного результата проверки нужно повторно применить оператор(ы) к актуальному кортежу данных.

Дополнительно пользователь может определить метод:

```
Datum compress(Datum in)
```

Преобразует элемент данных в формат, подходящий для физического хранения в кортеже уровня листьев на странице индекса. Эта функция принимает значение `spgConfigIn.attType` и возвращает `spgConfigOut.leafType` (это значение должно быть не в виде `TOAST`).

Все опорные методы SP-GiST обычно вызываются в кратковременных контекстах памяти; то есть `CurrentMemoryContext` сбрасывается после обработки каждого кортежа. Таким образом, можно не заботиться об освобождении любых блоков памяти, выделенных функцией `palloc`. (Метод `config` является исключением: в нём нужно не допускать утечек памяти. Но обычно метод `config` не делает ничего, кроме как присваивает константы переданной структуре параметров.)

Если индексируемый столбец имеет сортируемый тип данных, правило сортировки индекса будет передаваться всем опорным методам, используя стандартный механизм `PG_GET_COLLATION()`.

65.4. Реализация

В этом разделе освещаются тонкости реализации и особенности, о которых полезно знать тем, кто будет реализовывать классы операторов SP-GiST.

65.4.1. Ограничения SP-GiST

Отдельные кортежи листьев и внутренние кортежи должны уместиться в одной странице индекса (по умолчанию её размер 8 Кбайт). Таким образом при индексировании значений типов данных переменной длины большие значения могут поддерживаться только такими схемами, как префиксные деревья, в которых каждый уровень дерева включает префикс, достаточно короткий для помещения в страницу, и на конечном уровне листьев содержится суффикс, который также достаточно мал, чтобы поместиться в страницу. Класс операторов должен устанавливать признак `longValuesOK`, только если он готов организовывать такую структуру. Если этот признак не установлен, ядро SP-GiST не примет запрос на индексацию значения, которое слишком велико для одной страницы индекса.

Также класс операторов должен отвечать за то, чтобы внутренние кортежи при расширении не выходили за пределы страницы индекса; это ограничивает число дочерних узлов, которые могут принадлежать одному внутреннему кортежу, а также максимальный размер значения префикса.

Ещё одно ограничение состоит в том, что когда узел внутреннего кортежа указывает на набор кортежей листьев, все эти кортежи должны находиться в одной странице индекса. (Это конструктивное ограничение введено для оптимизации позиционирования и экономии места на ссылках, связывающих такие кортежи вместе.) Если набор кортежей листьев оказывается слишком большим для одной страницы, выполняется разделение и вставляется промежуточный внутренний кортеж. Чтобы устранить возникшую проблему, новый внутренний кортеж *должен* разделять набор значений в листе на несколько групп узлов. Если функция `picksplit` класса операторов не может сделать это, ядро SP-GiST переходит к чрезвычайным мерам, описанным в Подразделе 65.4.3.

65.4.2. SP-GiST без меток узлов

В некоторых древовидных схемах каждый внутренний кортеж содержит фиксированный набор узлов; например, в дереве квадрантов это всегда четыре узла, соответствующие четырём квад-

рантам вокруг центральной точки внутреннего кортежа. В таком случае код обычно работает с узлами по номерам и необходимости в явных метках узлов нет. Чтобы убрать метки узлов (и таким образом сэкономить место), функция `picksplit` может вернуть `NULL` вместо массива `nodeLabels`, а функция `choose` аналогично может вернуть `NULL` вместо массива `prefixNodeLabels` во время действия `spgSplitTuple`. В результате при последующих вызовах функций `choose` и `inner_consistent` им вместо `nodeLabels` будет передаваться `NULL`. В принципе метки узлов могут применяться для одних внутренних кортежей и отсутствовать у других в том же индексе.

Когда внутренний кортеж содержит узлы без меток, функция `choose` не может выбрать действие `spgAddNode`, так как в этом случае предполагается, что набор узлов фиксированный.

65.4.3. Внутренние кортежи «все-равны»

Ядро SP-GiST может переопределить результаты функции `picksplit` класса операторов, когда эта функция не может разделить поступившие значения листьев на минимум две категории узлов. Когда это происходит, создается новый внутренний кортеж с несколькими узлами, каждый из которых имеет одну метку (если имеет), которую `picksplit` дала одному узлу, а значения листьев распределяются случайно между этими равнозначными узлами. Для этого внутреннего кортежа устанавливается флаг `allTheSame`, который предупреждает функции `choose` и `inner_consistent`, что кортеж не содержит набор узлов, который они обычно ожидают.

Когда обрабатывается кортеж с флагом `allTheSame`, выбранное функцией `choose` действие `spgMatchNode` воспринимается как указание, что новое значение можно присвоить одному из равнозначных узлов; код ядра будет игнорировать полученное значение `nodeN` и спустится в один из узлов, выбранный случайно (чтобы дерево было сбалансированным). Будет считаться ошибкой, если `choose` выберет действие `spgAddNode`, так как при этом не все узлы окажутся равны; если добавляемое значение не соответствует существующим узлам, должно выбираться действие `spgSplitTuple`.

Также, когда обрабатывается кортеж с флагом `allTheSame`, функция `inner_consistent` должна вернуть все или не возвращать никакие узлы для продолжения поиска по индексу, так как все узлы равнозначны. Для этого может потребоваться, а может и не потребоваться код обработки особого случая, в зависимости от того, как `inner_consistent` обычно воспринимает узлы.

65.5. Примеры

Дистрибутив исходного кода PostgreSQL содержит несколько примеров классов операторов индекса SP-GiST, перечисленных в Таблице 65.1. Код их реализации вы можете найти в `src/backend/access/spgist/` и `src/backend/utils/adt/`.

Глава 66. Индексы GIN

66.1. Введение

GIN расшифровывается как «Generalized Inverted Index» (Обобщённый инвертированный индекс). GIN предназначается для случаев, когда индексируемые значения являются составными, а запросы, на обработку которых рассчитан индекс, ищут значения элементов в этих составных объектах. Например, такими объектами могут быть документы, а запросы могут выполнять поиск документов, содержащих определённые слова.

Здесь мы используем термин *объект*, говоря о составном значении, которое индексируется, и термин *ключ*, говоря о включённом в него элементе. GIN всегда хранит и ищет ключи, а не объекты как таковые.

Индекс GIN сохраняет набор пар (ключ, список идентификаторов), где *список идентификаторов* содержит идентификаторы строк, в которых находится ключ. Один и тот же идентификатор строки может фигурировать в нескольких списках, так как объект может содержать больше одного ключа. Значение каждого ключа хранится только один раз, так что индекс GIN очень компактен в случаях, когда один ключ встречается много раз.

GIN является обобщённым в том смысле, что код метода доступа GIN не должен знать о конкретных операциях, которые он ускоряет. Вместо этого задаются специальные стратегии для конкретных типов данных. Стратегия определяет, как извлекаются ключи из индексируемых объектов и условий запросов, и как установить, действительно ли удовлетворяет запросу строка, содержащая некоторые значения ключей.

Ключевым преимуществом GIN является то, что он позволяет разрабатывать дополнительные типы данных с соответствующими методами доступа экспертам в предметной области типа данных, а не специалистам по СУБД. В этом аспекте он похож на GiST.

Сопровождением реализации GIN в PostgreSQL в основном занимаются Фёдор Сигаев и Олег Бартунов. Дополнительные сведения о GIN можно получить на их *сайте*.

66.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные в Таблице 66.1. (Некоторые дополнительные модули, описанные в Приложении F, добавляют другие классы операторов GIN.)

Таблица 66.1. Встроенные классы операторов GIN

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
array_ops	anyarray	&& <@ = @>
jsonb_ops	jsonb	? ?& ? @>
jsonb_path_ops	jsonb	@>
tsvector_ops	tsvector	@@ @@@

Из двух классов операторов для типа `jsonb` классом по умолчанию является `jsonb_ops`. Класс `jsonb_path_ops` поддерживает меньше операторов, но обеспечивает для них большую производительность. За подробностями обратитесь к Подразделу 8.14.4.

66.3. Расширяемость

Интерфейс GIN характеризуется высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только смысловое наполнение обрабатываемого типа данных.

Уровень GIN берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре дерева.

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа GIN — это реализовать несколько пользовательских методов, определяющих поведение ключей в дереве и отношения между ключами, индексируемыми объектами и поддерживаемыми запросами. Словом, GIN сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов должен предоставить GIN следующие два метода:

```
Datum *extractValue(Datum itemValue, int32 *nkeys, bool **nullFlags)
```

Возвращает массив ключей (выделенный через `palloc`) для индексируемого объекта. Число возвращаемых ключей должно записываться в `*nkeys`. Если какой-либо из ключей может быть `NULL`, нужно так же выделить через `palloc` массив из `*nkeys` полей `bool`, записать его адрес в `*nullFlags` и установить эти флаги `NULL` как требуется. В `*nullFlags` можно оставить значение `NULL` (это начальное значение), если все ключи отличны от `NULL`. Эта функция может вернуть `NULL`, если объект не содержит ключей.

```
Datum *extractQuery(Datum query, int32 *nkeys, StrategyNumber n, bool **pmatch, Pointer  
**extra_data, bool **nullFlags, int32 *searchMode)
```

Возвращает массив ключей (выделенный через `palloc`) для запрашиваемого значения; то есть, в `query` поступает значение, находящееся по правую сторону индексируемого оператора, по левую сторону которого указан индексируемый столбец. Аргумент `n` задаёт номер стратегии оператора в классе операторов (см. Подраздел 38.15.2). Часто функция `extractQuery` должна проанализировать `n`, чтобы определить тип данных аргумента `query` и выбрать метод для извлечения значений ключей. Число возвращаемых ключей должно быть записано в `*nkeys`. Если какие-либо ключи могут быть `NULL`, нужно так же выделить через `palloc` массив из `*nkeys` полей `bool`, сохранить его адрес в `*nullFlags`, и установить эти флаги `NULL` как требуется. В `*nullFlags` можно оставить значение `NULL` (это начальное значение), если все ключи отличны от `NULL`. Эта функция может вернуть `NULL`, если `query` не содержит ключей.

Выходной аргумент `searchMode` позволяет функции `extractQuery` выбрать режим, в котором должен выполняться поиск. Если `*searchMode` имеет значение `GIN_SEARCH_MODE_DEFAULT` (это значение устанавливается перед вызовом), подходящими кандидатами считаются только те объекты, которые соответствуют минимум одному из возвращённых ключей. Если в `*searchMode` установлено значение `GIN_SEARCH_MODE_INCLUDE_EMPTY`, то в дополнение к объектам с минимум одним совпадением ключа, подходящими кандидатами будут считаться и объекты, вообще не содержащие ключей. (Этот режим полезен для реализации, например, операторов А-является-подмножеством-В.) Если в `*searchMode` установлено значение `GIN_SEARCH_MODE_ALL`, подходящими кандидатами считаются все отличные от `NULL` объекты в индексе, независимо от того, встречаются ли в них возвращаемые ключи. (Этот режим намного медленнее двух других, так как он по сути требует сканирования всего индекса, но он может быть необходим для корректной обработки крайних случаев. Оператор, который выбирает этот режим в большинстве ситуаций, скорее всего не подходит для реализации в классе операторов GIN.) Символы для этих значений режима определены в `access/gin.h`.

Выходной аргумент `pmatch` используется, когда поддерживается частичное соответствие. Чтобы использовать его, `extractQuery` должна выделить массив из `*nkeys` булевских элементов и сохранить его адрес в `*pmatch`. Элемент этого массива должен содержать `true`, если соответствующий ключ требует частичного соответствия, и `false` в противном случае. Если переменная `*pmatch` содержит `NULL`, GIN полагает, что частичное соответствие не требуется. В эту переменную записывается `NULL` перед вызовом, так что этот аргумент можно просто игнорировать в классах операторов, не поддерживающих частичное соответствие.

Выходной аргумент `extra_data` позволяет функции `extractQuery` передать дополнительные данные методам `consistent` и `comparePartial`. Чтобы использовать его, `extractQuery` должна выделить массив из `*nkeys` указателей и сохранить его адрес в `*extra_data`, а затем сохранить всё, что ей требуется, в отдельных указателях. В эту переменную записывается `NULL` перед вы-

зовом, поэтому данный аргумент может просто игнорироваться классами операторов, которым не нужны дополнительные данные. Если массив `*extra_data` задан, он целиком передаётся в метод `consistent`, а в `comparePartial` передаётся соответствующий его элемент.

Класс операторов должен также предоставить функцию для проверки, соответствует ли индексированный объект запросу. Поддерживаются две её вариации: булевская `consistent` и троичная `triConsistent`. Функция `triConsistent` покрывает функциональность обеих, так что достаточно реализовать только её. Однако, если вычисление булевской вариации оказывается значительно дешевле, может иметь смысл реализовать их обе. Если представлена только булевская вариация, некоторые оптимизации, построенные на отбраковывании объектов до выборки всех ключей, отключаются.

```
bool consistent(bool check[], StrategyNumber n, Datum query, int32 nkeys, Pointer
extra_data[], bool *recheck, Datum queryKeys[], bool nullFlags[])
```

Возвращает `true`, если индексированный объект удовлетворяет оператору запроса с номером стратегии `n` (или потенциально удовлетворяет, когда возвращается указание перепроверки). Эта функция не имеет прямого доступа к значению индексированного объекта, так как GIN не хранит сами объекты. Вместо этого, она знает о значениях ключей, извлечённых из запроса и встречающихся в данном индексированном объекте. Массив `check` имеет длину `nkeys`, что равняется числу ключей, ранее возвращённых функцией `extractQuery` для данного значения `query`. Элемент массива `check` равняется `true`, если индексированный объект содержит соответствующий ключ запроса; то есть, если `(check[i] == true)`, то `i`-ый ключ в массиве результата `extractQuery` присутствует в индексированном объекте. Исходное значение `query` передаётся на случай, если оно потребуется методу `consistent`; с той же целью ему передаются массивы `queryKeys[]` и `nullFlags[]`, ранее возвращённые функцией `extractQuery`. В аргументе `extra_data` передаётся массив дополнительных данных, возвращённый функцией `extractQuery`, или `NULL`, если дополнительных данных нет.

Когда `extractQuery` возвращает ключ `NULL` в `queryKeys[]`, соответствующий элемент `check[]` содержит `true`, если индексированный объект содержит ключ `NULL`; то есть можно считать, что элементы `check[]` отражают условие `IS NOT DISTINCT FROM`. Функция `consistent` может проверить соответствующий элемент `nullFlags[]`, если ей нужно различать соответствие с обычным значением и соответствие с `NULL`.

В случае успеха в `*recheck` нужно записать `true`, если кортеж данных нужно перепроверить с оператором запроса, либо `false`, если проверка по индексу была точной. То есть результат `false` гарантирует, что кортеж данных не соответствует запросу; результат `true` со значением `*recheck`, равным `false`, гарантирует, что кортеж данных соответствует запросу; а результат `true` со значением `*recheck`, равным `true`, означает, что кортеж данных может соответствовать запросу, поэтому его нужно выбрать и перепроверить, применив оператор запроса непосредственно к исходному индексированному элементу.

```
GinTernaryValue triConsistent(GinTernaryValue check[], StrategyNumber n, Datum query,
int32 nkeys, Pointer extra_data[], Datum queryKeys[], bool nullFlags[])
```

Функция `triConsistent` подобна `consistent`, но вместо булевских значений в векторе `check` ей передаются три варианта сравнений для каждого ключа: `GIN_TRUE`, `GIN_FALSE` и `GIN_MAYBE`. `GIN_FALSE` и `GIN_TRUE` имеют обычное булевское значение, тогда как `GIN_MAYBE` означает, что присутствие ключа неизвестно. Когда присутствуют значения `GIN_MAYBE`, функция должна возвращать `GIN_TRUE`, только если объект удовлетворяет запросу независимо от того, содержит ли индекс соответствующие ключи запроса. Подобным образом, функция должна возвращать `GIN_FALSE`, только если объект не удовлетворяет запросу независимо от того, содержит ли он ключи `GIN_MAYBE`. Если результат зависит от элементов `GIN_MAYBE`, то есть соответствие нельзя утверждать или отрицать в зависимости от известных ключей запроса, функция должна вернуть `GIN_MAYBE`.

Когда в векторе `check` нет элементов `GIN_MAYBE`, возвращаемое значение `GIN_MAYBE` равнозначно установленному флагу `recheck` в булевской функции `consistent`.

Кроме того, GIN нужно каким-то образом сортировать значения ключа, хранящиеся в индексе. Класс операторов может определить порядок сортировки, указав метод сравнения:

```
int compare(Datum a, Datum b)
```

Сравнивает два ключа (не индексированные объекты!) и возвращает целое меньше нуля, ноль или целое больше нуля, показывающее, что первый ключ меньше, равен или больше второго. Ключи NULL никогда не передаются этой функции.

Если же класс операторов не определяет метод `compare`, GIN попытается найти класс операторов В-дерева по умолчанию для типа данных ключа индекса и воспользоваться его функцией сравнения. Если класс операторов GIN предназначен только для одного типа данных, рекомендует-ся задавать функцию сравнения в этом классе операторов, так как поиск класса операторов В-дерева занимает несколько циклов. Однако для полиморфных классов операторов GIN (например, `array_ops`) задать одну функцию сравнения обычно не представляется возможным.

Дополнительно класс операторов для GIN может предоставить следующий метод:

```
int comparePartial(Datum partial_key, Datum key, StrategyNumber n, Pointer extra_data)
```

Сравнивает ключ запроса с частичным соответствием с ключом индекса. Возвращает целое число, знак которого отражает результат сравнения: отрицательное число означает, что ключ индекса не соответствует запросу, но нужно продолжать сканирование индекса; ноль означает, что ключ индекса соответствует запросу; положительное число означает, что сканирование индекса нужно прекратить, так как других соответствий не будет. Функции передаётся номер стратегии `n` оператора, сформировавшего запрос частичного соответствия, на случай, если нужно знать его смысл, чтобы определить, когда прекращать сканирование. Кроме того, ей передаётся `extra_data` — соответствующий элемент массива дополнительных данных, сформированного функцией `extractQuery`, либо NULL, если дополнительных данных нет. Значения NULL этой функции никогда не передаются.

Для поддержки проверок на «частичное соответствие» класс операторов должен предоставить метод `comparePartial`, а метод `extractQuery` должен устанавливать параметр `pmatch`, когда встречается запрос на частичное соответствие. За подробностями обратитесь к Подразделу 66.4.2.

Фактические типы данных различных значений `Datum`, упоминаемых выше, зависят от класса операторов. Значения объектов, передаваемые в `extractValue`, всегда имеют входной тип класса операторов, а все значения ключей должны быть типа, заданного параметром `STORAGE` для класса. Типом аргумента `query`, передаваемого функциям `extractQuery`, `consistent` и `triConsistent`, будет тот тип, что указан в качестве типа правого операнда оператора-члена класса, определяемого по номеру стратегии. Это не обязательно должен быть индекслируемый тип, достаточно лишь, чтобы из него можно было извлечь значения ключей, имеющие нужный тип. Однако рекомендуется, чтобы в SQL-объявлениях этих трёх опорных функций для аргумента `query` назначался индекслируемый тип класса операторов, даже несмотря на то, что фактический тип может быть другим, в зависимости от оператора.

66.4. Реализация

Внутри индекс GIN содержит В-дерево, построенное по ключам, где каждый ключ является элементом одного или нескольких индексированных объектов (например, членом массива) и где каждый кортеж на страницах листьев содержит либо указатель на В-дерево указателей на данные («дерево идентификаторов»), либо простой список указателей на данные («список идентификаторов»), когда этот список достаточно мал, чтобы уместиться в одном кортеже индекса вместе со значением ключа.

Начиная с PostgreSQL версии 9.1, в индекс могут быть включены значения ключей, равные NULL. Кроме того, в индекс вставляются NULL для индекслируемых объектов, равных NULL или не содержащих ключей, согласно функции `extractValue`. Это позволяет находить при поиске пустые объекты, когда они должны быть найдены.

Составные индексы GIN реализуются в виде одного В-дерева по составным значениям (номер столбца, значение ключа). Значения ключей для различных столбцов могут быть разных типов.

66.4.1. Методика быстрого обновления GIN

Природа инвертированного индекса такова, что обновление GIN обычно медленная операция: при добавлении или изменении одной строки данных может потребоваться выполнить множество добавлений записей в индекс (для каждого ключа, извлечённого из индексируемого объекта). Начиная с PostgreSQL 8.4, GIN может отложить большой объём этой работы, вставляя новые кортежи во временный, несортированный список записей, ожидающих индексации. Когда таблица очищается, автоматически анализируется, вызывается функция `gin_clean_pending_list` или размер этого списка временного списка становится больше чем `gin_pending_list_limit`, записи переносятся в основную структуру данных GIN теми же методами массового добавления данных, что и при начальном создании индекса. Это значительно увеличивает скорость обновления индекса GIN, даже с учётом дополнительных издержек при очистке. К тому же эту дополнительную работу можно выполнить в фоновом процессе, а не в процессе, непосредственно выполняющем запросы.

Основной недостаток такого подхода состоит в том, что при поиске необходимо не только проверить обычный индекс, но и просканировать список ожидающих записей, так что если этот список большой, поиск значительно замедляется. Ещё один недостаток состоит в том, что хотя в основном изменения производятся быстро, изменение, при котором этот список оказывается «слишком большим», влечёт необходимость немедленной очистки и поэтому выполняется гораздо дольше остальных изменений. Минимизировать эти недостатки можно, правильно организовав автоочистку.

Если выдержанность времени операций важнее скорости обновления, применение списка ожидающих записей можно отключить, включив параметр хранения `fastupdate` для индекса GIN. За подробностями обратитесь к `CREATE INDEX`.

66.4.2. Алгоритм частичного соответствия

GIN может поддерживать проверки «частичного соответствия», когда запрос выявляет не точное соответствие одному или нескольким ключам, а возможные соответствия, попадающие в достаточно узкий диапазон значений ключей (при порядке сортировки ключей, определённым опорным методом `compare`). В этом случае метод `extractQuery` возвращает не значение ключа, которое должно соответствовать точно, а значение, определяющее нижнюю границу искомого диапазона, и устанавливает флаг `pmatch`. Затем диапазон ключей сканируется методом `comparePartial`. Метод `comparePartial` должен вернуть ноль при соответствии ключа индекса, отрицательное значение, если соответствия нет, но нужно продолжать проверку диапазона, и положительное значение, если ключ индекса оказался за искомым диапазоном.

66.5. Приёмы и советы по применению GIN

Создание или добавление

Добавление объектов в индекс GIN может выполняться медленно, так как для каждого объекта скорее всего потребуется добавлять множество ключей. Поэтому при массовом добавлении данных в таблицу рекомендуется удалить индекс GIN и пересоздать его по окончании добавления.

Начиная с PostgreSQL 8.4, этот совет менее актуален, так как выполнение индексации может быть отложенным (подробнее об этом в Подразделе 66.4.1). Но при очень большом объёме изменений может быть лучше всё-таки удалить и пересоздать индекс.

`maintenance_work_mem`

Время построения индекса GIN очень сильно зависит от параметра `maintenance_work_mem`; не стоит экономить на рабочей памяти при создании индекса.

`gin_pending_list_limit`

В процессе последовательных добавлений в существующий индекс GIN с включённым режимом `fastupdate`, система будет очищать список ожидающих индексации записей, когда его размер будет превышать `gin_pending_list_limit`. Во избежание значительных колебаний ко-

нечного времени ответа имеет смысл проводить очистку этого списка в фоновом режиме (то есть, применяя автоочистку). Избежать операций очистки на переднем плане можно, увеличив `gin_pending_list_limit` или проводя автоочистку более активно. Однако, если вследствие увеличения порога операции очистки запустится очистка на переднем плане, она будет выполняться ещё дольше.

Значение `gin_pending_list_limit` можно переопределить для отдельных индексов GIN, изменив их параметры хранения, что позволяет задавать для каждого индекса GIN свой порог очистки. Например, можно увеличить порог только для часто обновляемых индексов GIN и оставить его низким для остальных.

`gin_fuzzy_search_limit`

Основной целью разработки индексов GIN было обеспечить поддержку хорошо расширяемого полнотекстового поиска в PostgreSQL, а при полнотекстовом поиске нередко возникают ситуации, когда возвращается очень большой набор результатов. Однако чаще всего так происходит, когда запрос содержит очень часто встречающиеся слова, так что полученный результат всё равно оказывается бесполезным. Так как чтение множества записей с диска и последующая сортировка их может занять много времени, это неприемлемо в производственных условиях. (Заметьте, что поиск по индексу при этом выполняется очень быстро.)

Для управляемого выполнения таких запросов в GIN введено настраиваемое мягкое ограничение сверху для числа возвращаемых строк: конфигурационный параметр `gin_fuzzy_search_limit`. По умолчанию он равен 0 (то есть ограничение отсутствует). Если он имеет ненулевое значение, возвращаемый набор строк будет случайно выбранным подмножеством всего набора результатов.

«Мягким» оно называется потому, что фактическое число возвращаемых строк может несколько отличаться от заданного значения, в зависимости от запроса и качества системного генератора случайных чисел.

Из практики, со значениями в несколько тысяч (например, 5000 — 20000) получаются приемлемые результаты.

66.6. Ограничения

GIN полагает, что индексируемые операторы являются строгими. Это означает, что функция `extractValue` вовсе не будет вызываться для значений NULL (вместо этого будет автоматически создаваться пустая запись в индексе), так же как и `extractQuery` не будет вызываться с искомым значением NULL (при этом сразу предполагается, что запрос не удовлетворяется). Заметьте, однако, что при этом поддерживаются ключи NULL, содержащиеся в составных объектах или искомым значениям.

66.7. Примеры

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов GIN, перечисленные ранее в Таблице 66.1. Также классы операторов GIN содержатся в следующих модулях `contrib`:

`btree_gin`

Функциональность B-дерева для различных типов данных

`hstore`

Модуль для хранения пар (ключ, значение)

`intarray`

Расширенная поддержка `int[]`

`pg_trgm`

Схожесть текста на основе статистики триграмм

Глава 67. Индексы BRIN

67.1. Введение

BRIN расшифровывается как «Block Range Index» (Индекс зон блоков). BRIN предназначен для обработки очень больших таблиц, в которых определённые столбцы некоторым естественным образом коррелируют с их физическим расположением в таблице. *Зоной блоков* называется группа страниц, физически расположенных в таблице рядом; для каждой зоны в индексе сохраняется некоторая сводная информация. Например, в таблице заказов магазина может содержаться поле с датой добавления заказа, и практически всегда записи более ранних заказов и в таблице будут размещены ближе к началу; в таблице, содержащей столбец с почтовым индексом, также естественным образом могут группироваться записи по городам.

Индексы BRIN могут удовлетворять запросы, выполняя обычное сканирование по битовой карте, и будут возвращать все кортежи во всех страницах каждой зоны, если сводные данные, сохранённые в индексе, *соответствуют* условиям запроса. Исполнитель запроса должен перепроверить эти кортежи и отбросить те, что не соответствуют условиям запроса — другими словами, эти индексы неточные. Так как индекс BRIN очень маленький, сканирование индекса влечёт мизерные издержки по сравнению с последовательным сканированием, но может избавить от необходимости сканирования больших областей таблицы, которые определённо не содержат подходящие кортежи.

Конкретные данные, которые будут храниться в индексе BRIN, а также запросы, которые сможет поддерживать этот индекс, зависят от класса операторов, выбранного для каждого столбца индекса. Например, типы данных с линейным порядком сортировки могут иметь классы операторов, хранящие минимальное и максимальное значение для каждой зоны блоков; для геометрических типов может храниться прямоугольник, вмещающий все объекты в зоне блоков.

Размер зоны блоков определяется в момент создания индекса параметром хранения `pages_per_range`. Число записей в индексе будет равняться размеру отношения в страницах, делённому на установленное значение `pages_per_range`. Таким образом, чем меньше это число, тем больше становится индекс (так как в нём требуется хранить больше элементов), но в то же время сводные данные могут быть более точными и большее число блоков данных может быть пропущено при сканировании индекса.

67.1.1. Обслуживание индекса

Во время создания индекса сканируются все существующие страницы, и в результате в индексе создаётся сводный кортеж для каждой зоны, в том числе, возможно неполной зоны в конце. По мере того, как данными наполняются новые страницы, если они оказываются в зонах, для которых уже есть сводная информация, она будет обновлена с учётом данных из новых кортежей. Если же создаётся новая страница, которая не попадает в последнюю зону, для новой зоны автоматически не рассчитывается сводная запись; кортежи на таких страницах остаются неучтёнными, пока позже не будет проведён расчёт сводных данных. Эта процедура может быть вызвана вручную, с помощью функции `brin_summarize_new_values(regclass)`, или автоматически, когда таблицу будет обрабатывать `VACUUM` или при автоочистке по мере добавления записей. (Последний метод отключён по умолчанию и может быть включён параметром `autosummarize`.) И наоборот, можно удалить сводное значение для зоны, вызвав функцию `brin_desummarize_range(regclass, bigint)`, что может быть полезно, когда этот кортеж в индексе становится не очень хорошим представлением соответствующих данных, так как они изменились.

Когда включён режим автопересчёта сводки, при каждом заполнении зоны страниц механизму автоочистки передаётся запрос для пересчёта сводки только по этой зоне, и он будет выполнен в конце следующего прохода обработки той же базы данных. Если очередь запросов переполнена, запрос в неё не записывается и в журнал сервера выводится соответствующее сообщение:

```
LOG:  request for BRIN range summarization for index "brin_wi_idx" page 128 was not
recorded
```

В этой ситуации сводка для данной зоны будет пересчитана при выполнении следующей обычной очистки таблицы.

67.2. Встроенные классы операторов

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены классы операторов BRIN, перечисленные в Таблице 67.1.

Классы операторов *minmax* хранят минимальные и максимальные значения, встречающиеся в индексированном столбце в определённой зоне. Классы операторов *inclusion* хранят значение, в котором содержатся значения индексированного столбца в определённой зоне.

Таблица 67.1. Встроенные классы операторов BRIN

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
abstime_minmax_ops	abstime	< <= = >= >
int8_minmax_ops	bigint	< <= = >= >
bit_minmax_ops	bit	< <= = >= >
varbit_minmax_ops	bit varying	< <= = >= >
box_inclusion_ops	box	<< &< && &> >> ~= @> <@ &< << >> &>
bytea_minmax_ops	bytea	< <= = >= >
bpchar_minmax_ops	character	< <= = >= >
char_minmax_ops	"char"	< <= = >= >
date_minmax_ops	date	< <= = >= >
float8_minmax_ops	double precision	< <= = >= >
inet_minmax_ops	inet	< <= = >= >
network_inclusion_ops	inet	&& >>= <<= = >> <<
int4_minmax_ops	integer	< <= = >= >
interval_minmax_ops	interval	< <= = >= >
macaddr_minmax_ops	macaddr	< <= = >= >
macaddr8_minmax_ops	macaddr8	< <= = >= >
name_minmax_ops	name	< <= = >= >
numeric_minmax_ops	numeric	< <= = >= >
pg_lsn_minmax_ops	pg_lsn	< <= = >= >
oid_minmax_ops	oid	< <= = >= >
range_inclusion_ops	любой тип диапазона	<< &< && &> >> @> <@ - - = < <= = > >=
float4_minmax_ops	real	< <= = >= >
reltime_minmax_ops	reltime	< <= = >= >
int2_minmax_ops	smallint	< <= = >= >
text_minmax_ops	text	< <= = >= >
tid_minmax_ops	tid	< <= = >= >
timestamp_minmax_ops	timestamp without time zone	< <= = >= >
timestampptz_minmax_ops	timestamp with time zone	< <= = >= >
time_minmax_ops	time without time zone	< <= = >= >
timetz_minmax_ops	time with time zone	< <= = >= >

Имя	Индексируемый тип данных	Индексируемые операторы
uuid_minmax_ops	uuid	< <= = >= >

67.3. Расширяемость

Интерфейс BRIN характеризуется высоким уровнем абстракции и таким образом требует от разработчика метода доступа реализовать только смысловое наполнение обрабатываемого типа данных. Уровень BRIN берёт на себя заботу о параллельном доступе, поддержке журнала и поиске в структуре индекса.

Всё, что нужно, чтобы получить работающий метод доступа BRIN — это реализовать несколько пользовательских методов, определяющих поведение сводных значений, хранящихся в индексе, и их взаимоотношения с ключами сканирования. Словом, BRIN сочетает расширяемость с универсальностью, повторным использованием кода и аккуратным интерфейсом.

Класс операторов для BRIN должен предоставлять четыре метода:

```
BrinOpcInfo *opcInfo(Oid type_oid)
```

Возвращает внутреннюю информацию о сводных данных индексированных столбцов. Возвращаемое значение должно указывать на `BrinOpcInfo` (в памяти `palloc`) со следующим определением:

```
typedef struct BrinOpcInfo
{
    /* Число полей, хранящихся в столбце индекса этого класса операторов */
    uint16      oi_nstored;

    /* Непрозрачный указатель для внутреннего использования классом операторов */
    void        *oi_opaque;

    /* Элементы кеша типов для сохранённых столбцов */
    TypeCacheEntry *oi_tpcache[FLEXIBLE_ARRAY_MEMBER];
} BrinOpcInfo;
```

Поле `BrinOpcInfo.oi_opaque` могут использовать подпрограммы класса операторов для передачи информации опорным функциям при сканировании индекса.

```
bool consistent(BrinDesc *bdesc, BrinValues *column, ScanKey key)
```

Показывает, соответствует ли значение `ScanKey` заданным индексированным значениям некоторой зоны. Номер целевого атрибута передаётся в составе ключа сканирования.

```
bool addValue(BrinDesc *bdesc, BrinValues *column, Datum newval, bool isnull)
```

Для заданного кортежа индекса и индексируемого значения изменяет выбранный атрибут кортежа, чтобы он дополнительно охватывал новое значение. Если в кортеж вносятся какие-либо изменения, возвращается `true`.

```
bool unionTuples(BrinDesc *bdesc, BrinValues *a, BrinValues *b)
```

Консолидирует два кортежа индекса. Получая два кортежа, изменяет выбранный атрибут первого из них, что он охватывал оба кортежа. Второй кортеж не изменяется.

Основной дистрибутив включает поддержку двух типов классов операторов: `minmax` и `inclusion`. Определения классов операторов, использующие их, представлены для встроенных типов данных, насколько это уместно. Пользователь может определить дополнительные классы операторов для других типов данных, применяя аналогичные определения, обойдясь без написания исходного кода; достаточно будет объявить нужные записи в каталоге. Заметьте, что предположения о семантике стратегий операторов защиты в исходном коде опорных функций.

Также возможно создать классы операторов, воплощающие полностью другую семантику, разработав реализации четырёх основных опорных функций, описанных выше. Заметьте, что обратная

совместимость между разными основными версиями не гарантируется: к примеру, в следующих выпусках могут потребоваться дополнительные опорные функции.

При написании класса операторов для типа данных, представляющего полностью упорядоченное множество, можно использовать опорные функции `minmax` вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 67.2. Все члены класса операторов (функции и операторы) являются обязательными.

Таблица 67.2. Номера стратегий и опорных функций для классов операторов `Minmax`

Член класса операторов	Объект
Опорная функция 1	внутренняя функция <code>brin_minmax_opcinfo()</code>
Опорная функция 2	внутренняя функция <code>brin_minmax_add_value()</code>
Опорная функция 3	внутренняя функция <code>brin_minmax_consistent()</code>
Опорная функция 4	внутренняя функция <code>brin_minmax_union()</code>
Стратегия оператора 1	оператор меньше
Стратегия оператора 2	оператор меньше-или-равно
Стратегия оператора 3	оператор равно
Стратегия оператора 4	оператор больше-или-равно
Стратегия оператора 5	оператор больше

При написании класса операторов для сложного типа данных, значения которого включаются в другой тип, можно использовать опорные функции `inclusion` вместе с соответствующими операторами, как показано в Таблице 67.3. Для этого требуется одна дополнительная функция, которую можно написать на любом языке. Для расширенной функциональности можно определить другие функции. Все операторы являются необязательными. Некоторые из них требуют наличия других, что показано в таблице как зависимости.

Таблица 67.3. Номера стратегий и опорных функций для классов операторов `Inclusion`

Член класса операторов	Объект	Зависимость
Опорная функция 1	внутренняя функция <code>brin_inclusion_opcinfo()</code>	
Опорная функция 2	внутренняя функция <code>brin_inclusion_add_value()</code>	
Опорная функция 3	внутренняя функция <code>brin_inclusion_consistent()</code>	
Опорная функция 4	внутренняя функция <code>brin_inclusion_union()</code>	
Опорная функция 11	функция для слияния двух элементов	
Опорная функция 12	необязательная функция для проверки возможности слияния двух элементов	
Опорная функция 13	необязательная функция для проверки, содержится ли один элемент в другом	
Опорная функция 14	необязательная функция для проверки, является ли элемент пустым	

Член класса операторов	Объект	Зависимость
Стратегия оператора 1	оператор левее	Стратегия оператора 4
Стратегия оператора 2	оператор не-простирается-правее	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 3	оператор перекрывается	
Стратегия оператора 4	оператор не-простирается-левее	Стратегия оператора 1
Стратегия оператора 5	оператор правее	Стратегия оператора 2
Стратегия оператора 6, 18	оператор то-же-или-равно	Стратегия оператора 7
Стратегия оператора 7, 13, 16, 24, 25	оператор содержит-или-равно	
Стратегия оператора 8, 14, 26, 27	оператор содержится-в-или-равно	Стратегия оператора 3
Стратегия оператора 9	оператор не-простирается-выше	Стратегия оператора 11
Стратегия оператора 10	оператор ниже	Стратегия оператора 12
Стратегия оператора 11	оператор выше	Стратегия оператора 9
Стратегия оператора 12	оператор не-простирается-ниже	Стратегия оператора 10
Стратегия оператора 20	оператор меньше	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 21	оператор меньше-или-равно	Стратегия оператора 5
Стратегия оператора 22	оператор больше	Стратегия оператора 1
Стратегия оператора 23	оператор больше-или-равно	Стратегия оператора 1

Номера опорных функций 1-10 зарезервированы для внутренних функций BRIN, так что функции уровня SQL начинаются с номера 11. Опорная функция номер 11 является основной, необходимой для построения индекса. Она должна принимать два аргумента того же типа данных, что и целевой тип класса, и возвращать их объединение. Класс операторов `inclusion` может сохранять значения объединения в различных типах данных, в зависимости от параметра `STORAGE`. Возвращаемое значение функции объединения должно соответствовать типу данных `STORAGE`.

Опорные функции под номерами 12 и 14 предоставляются для поддержки нерегулярностей встроенных типов данных. Функция номер 12 применяется для поддержки работы с сетевыми адресами из различных семейств, которые нельзя объединять. Функция номер 14 применяется для поддержки зон с пустыми значениями. Функция номер 13 является необязательной, но рекомендуемой; она проверяет новое значение, прежде чем оно будет передано функции объединения. Инфраструктура BRIN может оптимизировать некоторые операции, когда объединение не меняется, поэтому применение этой функции может способствовать увеличению быстродействия индекса.

Классы операторов `minmax` и `inclusion` поддерживают операторы с разными типами, хотя с ними зависимости становятся более сложными. Класс `minmax` требует, чтобы для двух аргументов одного типа определялся полный набор операторов. Это позволяет поддерживать дополнительные типы данных, определяя дополнительные наборы операторов. Стратегии операторов класса `inclusion` могут зависеть от других стратегий, как показано в Таблице 67.3, или от своих собственных стратегий. Для них требуется, чтобы был определён необходимый оператор с типом данных `STORAGE` для левого аргумента и другим поддерживаемым типом для правого аргумента реализуемого оператора. См. определение `float4_minmax_ops` в качестве примера для `minmax` и `box_inclusion_ops` в качестве примера для `inclusion`.

Глава 68. Физическое хранение базы данных

В данной главе рассматривается формат физического хранения, используемый базами данных PostgreSQL.

68.1. Размещение файлов базы данных

Этот раздел описывает формат хранения на уровне файлов и каталогов.

Файлы конфигурации и файлы данных, используемые кластером базы данных, традиционно хранятся вместе в каталоге данных кластера, который обычно называют PGDATA (по имени переменной среды, которую можно использовать для его определения). Обычно PGDATA находится в `/var/lib/pgsql/data`. На одной и той же машине может находиться множество кластеров, управляемых различными экземплярами сервера.

В каталоге PGDATA содержится несколько подкаталогов и управляющих файлов, как показано в Таблице 68.1. В дополнение к этим обязательным элементам конфигурационные файлы кластера `postgresql.conf`, `pg_hba.conf` и `pg_ident.conf` традиционно хранятся в PGDATA, хотя их можно разместить и в другом месте.

Таблица 68.1. Содержание PGDATA

Элемент	Описание
PG_VERSION	Файл, содержащий номер основной версии PostgreSQL
base	Подкаталог, содержащий подкаталоги для каждой базы данных
current_logfiles	Файл, в котором отмечается, в какие файлы журналов производит запись сборщик сообщений
global	Подкаталог, содержащий общие таблицы кластера, такие как <code>pg_database</code>
pg_commit_ts	Подкаталог, содержащий данные о времени фиксации транзакций
pg_dynshmem	Подкаталог, содержащий файлы, используемые подсистемой динамически разделяемой памяти
pg_logical	Подкаталог, содержащий данные о состоянии для логического декодирования
pg_multixact	Подкаталог, содержащий данные о состоянии мультитранзакций (используемые для разделяемой блокировки строк)
pg_notify	Подкаталог, содержащий данные состояния прослушивания и нотификации (LISTEN/NOTIFY)
pg_replslot	Подкаталог, содержащий данные слота репликации
pg_serial	Подкаталог, содержащий информацию о выполненных сериализуемых транзакциях.
pg_snapshots	Подкаталог, содержащий экспортированные снимки (snapshots)
pg_stat	Подкаталог, содержащий постоянные файлы для подсистемы статистики.

Элемент	Описание
pg_stat_tmp	Подкаталог, содержащий временные файлы для подсистемы статистики
pg_subtrans	Подкаталог, содержащий данные о состоянии подтранзакций
pg_tblspc	Подкаталог, содержащий символические ссылки на табличные пространства
pg_twophase	Подкаталог, содержащий файлы состояний для подготовленных транзакций
pg_wal	Подкаталог, содержащий файлы WAL (журнал предзаписи)
pg_xact	Подкаталог, содержащий данные о состоянии транзакции
postgresql.auto.conf	Файл, используемый для хранения параметров конфигурации, которые устанавливаются при помощи ALTER SYSTEM
postmaster.opts	Файл, содержащий параметры командной строки, с которыми сервер был запущен в последний раз
postmaster.pid	Файл блокировки, содержащий идентификатор (ID) текущего управляющего процесса (PID), путь к каталогу данных кластера, временную метку запуска управляющего процесса, номер порта, путь к каталогу Unix-сокета (пустой для Windows), первый корректный адрес прослушивания (listen_address) (IP-адрес или *, либо пустое значение в случае отсутствия прослушивания по TCP), и ID сегмента разделяемой памяти (этот файл отсутствует после остановки сервера).

Для каждой базы данных в кластере существует подкаталог внутри PGDATA/base, названный по OID базы данных в pg_database. Этот подкаталог по умолчанию является местом хранения файлов базы данных; в частности, там хранятся её системные каталоги.

Каждая таблица и индекс хранятся в отдельном файле. Для обычных отношений, эти файлы получают имя по номеру *файлового узла* таблицы или индекса, который содержится в pg_class.relfilenode. Но для временных отношений, имя файла имеет форму tBBB_FFF, где BBB - идентификатор серверного процесса сервера, который создал данный файл, а FFF — номер файлового узла. В обоих случаях, помимо главного файла (также называемого основным слоем), у каждой таблицы и индекса есть *карта свободного пространства* (см. Раздел 68.3), в которой хранится информация о свободном пространстве в данном отношении. Имя файла карты свободного пространства образуется из номера файлового узла с суффиксом _fsm. Также таблицы имеют *карту видимости*, хранящуюся в слое с суффиксом _vm, для отслеживания страниц, не содержащих мёртвых записей. Карта видимости подробнее описана в Разделе 68.4. Нежурналируемые таблицы и индексы имеют третий слой, так называемый слой инициализации, имя которого содержит суффикс _init (см. Раздел 68.5).

Внимание

Заметьте, что хотя номер файла таблицы часто совпадает с её OID, так бывает *не* всегда; некоторые операции, например, TRUNCATE, REINDEX, CLUSTER и некоторые формы команды ALTER TABLE могут изменить номер файла, но при этом сохраняют OID. Не следует рассчитывать, что номер файлового узла и OID таблицы совпадают. Кроме того, для некоторых системных каталогов, включая и pg_class, в pg_class.relfilenode содержится

ноль. Фактический номер файлового узла для них хранится в низкоуровневой структуре данных, и его можно получить при помощи функции `pg_relation_filenode()`.

Когда объём таблицы или индекса превышает 1 GB, они делятся на *сегменты* размером в один гигабайт. Файл первого сегмента называется по номеру файлового узла (`filenode`); последующие сегменты получают имена `filenode.1`, `filenode.2` и т. д. При такой организации хранения не возникает проблем на платформах, имеющих ограничения по размеру файлов. (На самом деле, 1 GB — лишь размер по умолчанию. Размер сегмента можно изменить при сборке PostgreSQL, используя параметр конфигурации `--with-segsize`.) В принципе, карты свободного пространства и карты видимости также могут занимать нескольких сегментов, хотя на практике это маловероятно.

У таблицы, столбцы которой могут содержать данные большого объёма, будет иметься собственная таблица *TOAST*, предназначенная для отдельного хранения значений, которые слишком велики для хранения в строках самой таблицы. Основная таблица связывается с её таблицей TOAST (если таковая имеется) через `pg_class.reltoastrelid`. За подробной информацией обратитесь к Разделу 68.2.

Содержание таблиц и индексов рассматривается ниже (см. Раздел 68.6).

Табличное пространство делает сценарий более сложным. Каждое пользовательское табличное пространство имеет символическую ссылку внутри каталога `PGDATA/pg_tblspc`, указывающую на физический каталог табличного пространства (т. е., положение, указанное в команде табличного пространства `CREATE TABLESPACE`). Эта символическая ссылка получает имя по OID табличного пространства. Внутри физического каталога табличного пространства имеется подкаталог, имя которого зависит от версии сервера PostgreSQL, как например `PG_9.0_201008051`. (Этот подкаталог используется для того, чтобы последующие версии базы данных могли свободно использовать одно и то же местоположение, заданное в `CREATE TABLESPACE`.) Внутри каталога конкретной версии находится подкаталог для каждой базы данных, которая имеет элементы в табличном пространстве, названный по OID базы данных. Таблицы и индексы хранятся внутри этого каталога, используя схему именования файловых узлов. Табличное пространство `pg_default` недоступно через `pg_tblspc`, но соответствует `PGDATA/base`. Подобным же образом, табличное пространство `pg_global` недоступно через `pg_tblspc`, но соответствует `PGDATA/global`.

Функция `pg_relation_filepath()` показывает полный путь (относительно `PGDATA`) для любого отношения. Часто это избавляет от необходимости запоминать многие из приведённых выше правил. Но следует помнить, что эта функция выдаёт лишь имя первого сегмента основного слоя отношения, т. е. возможно, понадобится добавить номер сегмента и/или `_fsm`, `_vm` или `_init`, чтобы найти все файлы, связанные с отношением.

Временные файлы (для таких операций, как сортировка объёма данных большего, чем может уместиться в памяти) создаются внутри `PGDATA/base/pgsql_tmp` или внутри подкаталога `pgsql_tmp` каталога табличного пространства, если для них определено табличное пространство, отличное от `pg_default`. Имя временного файла имеет форму `pgsql_tmpPPP.NNN`, где `PPP` — PID серверного процесса, а `NNN` служит для разделения различных временных файлов этого серверного процесса.

68.2. TOAST

В данном разделе рассматривается TOAST (The Oversized-Attribute Storage Technique, Методика хранения сверхбольших атрибутов).

PostgreSQL использует фиксированный размер страницы (обычно 8 КБ), и не позволяет кортежам занимать несколько страниц. Поэтому непосредственно хранить очень большие значения полей невозможно. Для преодоления этого ограничения большие значения полей сжимаются и/или разбиваются на несколько физических строк. Это происходит незаметно для пользователя и на большую часть кода сервера влияет незначительно. Этот метод известен как TOAST (тост, или «лучшее после изобретения нарезанного хлеба»). Инфраструктура TOAST также применяется для оптимизации обработки больших значений данных в памяти.

Лишь определённые типы данных поддерживают TOAST — нет смысла производить дополнительные действия с типами данных, размер которых не может быть большим. Чтобы поддерживать TOAST, тип данных должен представлять значение переменной длины (*varlena*), в котором первое четырёхбайтовое слово любого хранящегося значения содержит общую длину значения в байтах (включая само это слово). Содержание оставшейся части значения TOAST не ограничивает. Специальные представления, в целом называемые *значениями в формате TOAST*, работают, манипулируя этим начальным словом длины и интерпретируя его по-своему. Таким образом, функции уровня C, работающие с типом данных, поддерживающим TOAST, должны аккуратно обращаться со входными значениями, которые могут быть в формате TOAST: входные данные могут и не содержать четырёхбайтовое слово длины и содержимое после него, пока не будут *распакованы*. (Обычно в таких ситуациях нужно использовать макрос `PG_DETOAST_DATUM` прежде чем что-либо делать с входным значением, но в некоторых случаях возможны и более эффективные подходы. За подробностями обратитесь к Подразделу 38.12.1.)

TOAST занимает два бита слова длины *varlena* (старшие биты на машинах с порядком байт от старшего к младшему, или младшие биты — при другом порядке байт), таким образом, логический размер любого значения в формате TOAST ограничивается 1 Гигабайтом (2^{30} - 1 байт). Когда оба бита равны нулю, значение является обычным, не в формате TOAST, и оставшиеся биты слова длины задают общий размер элемента данных (включая слово длины) в байтах. Когда установлен старший (или младший, в зависимости от архитектуры) бит, значение имеет однобайтовый заголовок вместо обычного четырёхбайтового, а оставшиеся биты этого байта задают общий размер элемента данных (включая байт длины) в байтах. Этот вариант позволяет экономно хранить значения короче 127 байт и при этом допускает расширение значения этого типа данных до 1 Гбайта при необходимости. Значения с однобайтовыми заголовками не выравниваются по какой-либо определённой границе, тогда как значения с четырёхбайтовыми заголовками выравниваются по границе минимум четырёх байт; это избавление от выравнивания даёт дополнительный выигрыш в объёме, очень ощутимый для коротких значений. В качестве особого случая, если все оставшиеся биты однобайтового заголовка равны нулю (что в принципе невозможно с учётом включения размера длины), значением является указатель на отдельно размещённые данные, с несколькими возможными вариантами, описанными ниже. Тип и размер такого *указателя TOAST* определяется кодом, хранящимся во втором байте значения. Наконец, когда старший (или младший, в зависимости от архитектуры) бит очищен, а соседний бит установлен, содержимое данных хранится в упакованном виде и должно быть распаковано перед использованием. В этом случае оставшиеся биты четырёхбайтового слова длины задают общий размер сжатых, а не исходных данных. Заметьте, что сжатие также возможно и для отделённых данных, но заголовок *varlena* не говорит, имеет ли оно место — это определяется содержимым, на которое указывает указатель TOAST.

Как уже было сказано, существуют разные варианты использования указателя TOAST. Самый старый и наиболее популярный вариант — когда он указывает на отделённые данные, размещённые в *таблице TOAST*, которая отделена, но связана с таблицей, содержащей собственно указатель данных TOAST. Такой указатель на данные *на диске* создаётся кодом обработки TOAST (в `access/heap/tuptoaster.c`), когда кортеж, сохраняемый на диск, оказывается слишком большим. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 68.2.1. Кроме того, указатель TOAST может указывать на отделённые данные, размещённые где-то в памяти. Такие данные обязательно недолговременные и никогда не оказываются на диске, но этот механизм очень полезен для исключения копирования и избыточной обработки данные большого размера. Дополнительные подробности описаны в Подразделе 68.2.2.

В качестве метода сжатия внутренних и отделённых данных применяется довольно простой и очень быстрый представитель семейства алгоритмов LZ. Подробнее см. `src/common/pg_lzcompress.c`.

68.2.1. Отдельное размещение TOAST на диске

Если какие-либо столбцы таблицы хранятся в формате TOAST, у таблицы будет связанная с ней таблица TOAST, OID которой хранится в значении `pg_class.reltoastrelid` для данной таблицы. Размещаемые на диске TOAST-значения содержатся в таблице TOAST, что подробнее описано ниже.

Отделённые значения делятся на порции (после сжатия, если оно применяется) размером не более `TOAST_MAX_CHUNK_SIZE` байт (по умолчанию это значение выбирается таким образом, чтобы на странице помещались четыре строки порций, то есть размер одной составляет порядка 2000 байт). Каждая порция хранится как отдельная строка в таблице `TOAST`, принадлежащей исходной таблице-владельцу. Каждая таблица `TOAST` имеет столбцы `chunk_id` (OID, идентифицирующий конкретное `TOAST`-значение), `chunk_seq` (последовательный номер для порции внутри значения) и `chunk_data` (фактические данные порции). Уникальный индекс по `chunk_id` и `chunk_seq` обеспечивает быструю выдачу значений. Таким образом, в указателе, представляющем отдельно размещаемое на диске значение `TOAST`, должно храниться OID таблицы `TOAST`, к которой нужно обращаться, и OID определённого значения (его `chunk_id`). Для удобства в данных указателя также хранится логический размер элемента данных (исходных данных без сжатия) и фактический размер хранимых данных (отличающийся, если было применено сжатие). Учитывая байты заголовка `varlena`, общий размер указателя на хранимое на диске значение `TOAST` составляет 18 байт, независимо от фактического размера собственно значения.

Код обработки `TOAST` срабатывает, только когда значение строки, которое должно храниться в таблице, по размеру больше, чем `TOAST_TUPLE_THRESHOLD` байт (обычно это 2 Кб). Код `TOAST` будет сжимать и/или выносить значения поля за пределы таблицы до тех пор, пока значение строки не станет меньше `TOAST_TUPLE_TARGET` байт (переменная величина, так же обычно 2 Кб) или уменьшить объём станет невозможно. Во время операции `UPDATE` значения неизменённых полей обычно сохраняются как есть, поэтому модификация строки с отдельно хранимыми значениями не несёт издержек, связанных с `TOAST`, если все такие значения остаются без изменений.

Код обработки `TOAST` распознаёт четыре различные стратегии хранения столбцов, совместимых с `TOAST`, на диске:

- `PLAIN` не допускает ни сжатие, ни отдельное хранение; кроме того, отключается использование однобайтовых заголовков для типов `varlena`. Это единственно возможная стратегия для столбцов типов данных, которые несовместимы с `TOAST`.
- `EXTENDED` допускает как сжатие, так и отдельное хранение. Это стандартный вариант для большинства типов данных, совместимых с `TOAST`. Сначала происходит попытка выполнить сжатие, затем — сохранение вне таблицы, если строка всё ещё слишком велика.
- `EXTERNAL` допускает отдельное хранение, но не сжатие. Использование `EXTERNAL` ускорит операции над частями строк в больших столбцах `text` и `bytea` (ценой увеличения объёма памяти для хранения), так как эти операции оптимизированы для извлечения только требуемых частей отделённого значения, когда оно не сжато.
- `MAIN` допускает сжатие, но не отдельное хранение. (Фактически, отдельное хранение, тем не менее, будет выполнено для таких столбцов, но лишь как крайняя мера, когда нет другого способа уменьшить строку так, чтобы она помещалась на странице.)

Каждый тип данных, совместимый с `TOAST`, определяет стандартную стратегию для столбцов этого типа данных, но стратегия для заданного столбца таблицы может быть изменена с помощью `ALTER TABLE ... SET STORAGE`.

`TOAST_TUPLE_TARGET` можно задавать на уровне таблиц с помощью команды `ALTER TABLE ... SET (toast_tuple_target = N)`

Эта схема имеет ряд преимуществ по сравнению с более простым подходом, когда значения строк могут занимать несколько страниц. Если предположить, что обычно запросы характеризуются выполнением сравнения с относительно маленькими значениями ключа, большая часть работы будет выполняться с использованием главной записи строки. Большие значения атрибутов в формате `TOAST` будут просто передаваться (если будут выбраны) в тот момент, когда результирующий набор отправляется клиенту. Таким образом, главная таблица получается гораздо меньше, и в общий кеш буферов помещается больше её строк, чем их было бы без использования отдельного хранения. Наборы данных для сортировок также уменьшаются, а сортировки чаще будут выполняться исключительно в памяти. Небольшой тест показал, что таблица, содержащая типичные HTML-страницы и их URL после сжатия занимала примерно половину объёма исходных данных, включая таблицу `TOAST`, и что главная таблица содержала лишь около 10% всех данных (URL и некоторые

маленькие HTML-страницы). Время обработки не отличалось от времени, необходимого для обработки таблицы без использования TOAST, в которой размер всех HTML-страниц был уменьшен до 7 Кб, чтобы они уместились в строках.

68.2.2. Отдельное размещение TOAST в памяти

Указатели TOAST могут указывать на данные, размещённые не на диске, а где-либо в памяти текущего серверного процесса. Очевидно, что такие указатели не могут быть долговременными, но они, тем не менее, полезны. В настоящее время поддерживаются два подварианта: *косвенные* указатели на данные и указатели на *развёрнутые* данные.

Косвенный указатель TOAST просто указывает на значение *varlena*, хранящееся где-то в памяти. Этот вариант изначально был реализован просто как подтверждение концепции, но в настоящее время он применяется при логическом декодировании, чтобы не приходилось создавать физические кортежи больше одного 1 Гб (что может потребоваться при консолидации всех отделённых значений полей в одном кортеже). Данный вариант имеет ограниченное применение, так как создатель такого указателя должен полностью понимать, что целевые данные будут существовать, только пока существует указатель, и никакой инфраструктуры для сохранения их нет.

Указатели на развёрнутые данные TOAST полезны для сложных типов, представление которых на диске плохо приспособлено для вычислительных целей. Например, стандартное представление в виде *varlena* массива PostgreSQL включает информацию о размерности, битовую карту элементов NULL (если они в нём содержатся), а затем значения всех элементов по порядку. Когда элемент сам по себе имеет переменную длину, единственный способ найти *n*-ный элемент — просканировать все предыдущие элементы. Это представление компактно, и поэтому подходит для хранения на диске, но для вычислительной обработки массива гораздо удобнее иметь «развёрнутое» или «деконструированное» представление, в котором можно определить начальные адреса всех элементов. Механизм указателей TOAST способствует решению этой задачи, допуская передачу по ссылке элемента *Datum* как указателя на стандартное значение *varlena* (представление на диске) или указателя TOAST на развёрнутое представление где-то в памяти. Детали развёрнутого представления определяются самим типом данных, хотя оно может иметь стандартный заголовок и удовлетворять другим требованиям API, описанным в `src/include/utils/expandeddatum.h`. Функции уровня C, работающие с этим типом, могут реализовать поддержку любого из этих представлений. Функции, не знающие о развёрнутом представлении, а просто применяющие `PG_DETOAST_DATUM` к своим входным данным, будут автоматически получать традиционное представление *varlena*; так что поддержка развёрнутого представления может вводиться постепенно, по одной функции.

Указатели TOAST на развёрнутые значения далее подразделяются на указатели *для чтения/записи* и указатели *только для чтения*. Представление, на которое они указывают, в любом случае одинаковое, но функции, получающей указатель для чтения/записи, разрешается модифицировать целевые данные прямо на месте, тогда как функция, получающая указатель только для чтения, не должна этого делать; если ей нужно получить изменённую версию значения, она должна сначала сделать копию. Это отличие и связанные с ним соглашения позволяют избежать излишнего копирования развёрнутых значений при выполнении запросов.

Для всех типов указателей TOAST на данные в памяти, код обработки TOAST гарантирует, что такие данные не окажутся случайно сохранены на диске. Указатели TOAST в памяти автоматически сворачиваются в обычные значения *varlena* перед сохранением — а затем могут преобразоваться в указатели TOAST на диске, если без этого не смогут уместиться в содержащем их кортеже.

68.3. Карта свободного пространства

Каждое табличное и индексное отношение, за исключением хеш-индексов, имеет карту свободного пространства (Free Space Map, FSM) для отслеживания доступного места. Она хранится рядом с данными главного отношения в отдельном слое, имя которого образуется номером файлового узла отношения с суффиксом `_fsm`. Например, если файловый узел отношения — 12345, FSM хранится в файле с именем `12345_fsm` в том же каталоге, что и основной файл отношения.

Карта свободного пространства представляет собой дерево страниц FSM. Страницы FSM нижнего уровня хранят информацию о свободном пространстве, доступном на каждой странице таблицы

(или индекса), используя один байт для представления каждой такой страницы. Верхние уровни агрегируют информацию нижних уровней.

Внутри каждой страницы FSM имеется двоичное дерево, хранящееся в массиве, где один байт выделяется на каждый узел дерева. Каждый листовой узел представляет страницу таблицы или страницу FSM нижнего уровня. В каждом узле выше листовых хранится наибольшее из значений его узлов-потомков. Поэтому максимальное из значений листовых узлов хранится в корневом узле.

Более подробную информацию о структуре FSM и о том, как выполняется обновление и поиск, вы найдёте в `src/backend/storage/freespace/README`. Модуль `pg_freespacemap` может быть использован для просмотра информации, хранящейся в картах свободного пространства.

68.4. Карта видимости

Каждое отношение таблицы имеет карту видимости (Visibility Map, VM) для отслеживания страниц, содержащих только кортежи, которые видны всем активным транзакциям; в ней также отслеживаются, какие страницы содержат только замороженные кортежи. Она хранится вместе с данными главного отношения в отдельном файле, имя которого образуется номером файлового узла отношения с суффиксом `_vm`. Например, если файловый узел отношения — 12345, VM хранится в файле `12345_vm`, в том же самом каталоге, что и основной файл отношения. Заметьте, что индексы не имеют VM.

Карта видимости хранит по два бита на страницу таблицы. Первый бит, если он установлен, показывает, что вся страница видна или, другими словами, не содержит кортежей, которые необходимо очистить. Эта информация может также использоваться при *сканировании только индекса* для поиска ответов только в данных индекса. Установленный второй бит показывает, что все кортежи на этой странице заморожены. Это означает, что процесс очистки для предотвращения заикливания не должен больше посещать эту страницу.

Карта может отражать реальные данные с запаздыванием в том смысле, что мы уверены, что в случаях, когда установлен бит, известно, что условие верно, но если бит не установлен, оно может быть верным или неверным. Биты карты видимости устанавливаются только при очистке, а сбрасываются при любых операциях, изменяющих данные на странице.

Для изучения информации, хранящейся в карте видимости, можно воспользоваться модулем `pg_visibility`.

68.5. Слой инициализации

Каждая нежурналируемая таблица, и каждый индекс такой таблицы имеет файл инициализации. Файл инициализации представляет собой пустую таблицу или индекс соответствующего типа. Когда нежурналируемая таблица должна быть заново очищена по причине сбоя, файл инициализации копируется поверх главного файла, а все прочие файлы удаляются (при необходимости они будут автоматически созданы заново).

68.6. Компоновка страницы базы данных

В данном разделе рассматривается формат страницы, используемый в таблицах и индексах PostgreSQL.¹ Последовательности и таблицы TOAST форматируются как обычные таблицы.

В дальнейшем подразумевается, что *байт* содержит 8 бит. В дополнение, термин *элемент* относится к индивидуальному значению данных, которое хранится на странице. В таблице элемент — это строка; в индексе — элемент индекса.

Каждая таблица и индекс хранятся как массив *страниц* фиксированного размера (обычно 8 kB, хотя можно выбрать другой размер страницы при компиляции сервера). В таблице все страницы

¹Фактически индексные методы доступа не нуждаются в этом формате страниц. Все существующие индексные методы в действительности используют этот основной формат, но данные, хранящиеся в индексных метастраницах обычно не следуют правилам компоновки.

логически эквивалентны, поэтому конкретный элемент (строка) может храниться на любой странице. В индексах первая страница обычно резервируется как *метастраница*, хранящая контрольную информацию, а внутри индекса могут быть разные типы страниц, в зависимости от метода доступа индекса.

Таблица 68.2 показывает общую компоновку страницы. Каждая страница имеет пять частей.

Таблица 68.2. Общая компоновка страницы

Элемент	Описание
Данные заголовка страницы	Длина — 24 байта. Содержит общую информацию о странице, включая указатели свободного пространства.
Данные идентификаторов элементов	Массив пар (смещение, длина), указывающих на фактические элементы. Для каждого элемента выделяется 4 байта.
Свободное пространство	Незанятое пространство. Новые указатели элементов размещаются с начала этой области, сами новые элементы — с конца.
Элементы	Сами элементы данных как таковые.
Специальное пространство	Специфические данные метода доступа. Для различных методов хранятся различные данные. Для обычных таблиц таких данных нет.

Первые 24 байта каждой страницы образуют заголовок страницы (PageHeaderData). Его формат подробно описан в Таблице 68.3. В первом поле отслеживается самая последняя запись в WAL, связанная с этой страницей. Второе поле содержит контрольную сумму страницы, если включён режим data checksums. Затем идёт двухбайтовое поле, содержащее биты флагов. За ним следуют три двухбайтовых целочисленных поля (pd_lower, pd_upper и pd_special). Они содержат смещения в байтах от начала страницы до начала незанятого пространства, до конца незанятого пространства и до начала специального пространства. В следующих 2 байтах заголовка страницы, в поле pd_pagesize_version, хранится размер страницы и индикатор версии. Начиная с PostgreSQL 8.3, используется версия 4; в PostgreSQL 8.1 и 8.2 использовалась версия 3; в PostgreSQL 8.0 — версия 2; в PostgreSQL 7.3 и 7.4 — версия 1; а в предыдущих выпусках — версия 0. (Основная структура страницы и формат заголовка почти во всех этих версиях одни и те же, но структура заголовка строк в куче изменялась.) Размер страницы присутствует, в основном, только для перекрёстной проверки; возможность использовать в одной инсталляции разные размеры страниц не поддерживается. Последнее поле подсказывает, насколько вероятно получить выигрыш, произведя очистку страницы: оно отслеживает самый старый XMAX на странице, не подвергавшийся очистке.

Таблица 68.3. Данные заголовка страницы (PageHeaderData)

Поле	Тип	Длина	Описание
pd_lsn	PageXLogRecPtr	8 байт	LSN: Следующий байт после последнего байта записи WAL для последнего изменения на этой странице
pd_checksum	uint16	2 байта	Контрольная сумма страницы
pd_flags	uint16	2 байта	Биты признаков
pd_lower	LocationIndex	2 байта	Смещение до начала свободного пространства

Поле	Тип	Длина	Описание
pd_upper	LocationIndex	2 байта	Смещение до конца свободного пространства
pd_special	LocationIndex	2 байта	Смещение до начала специального пространства
pd_pagesize_version	uint16	2 байта	Информация о размере страницы и номере версии компоновки
pd_prune_xid	TransactionId	4 байта	Самый старый неочищенный идентификатор XMAX на странице или ноль при отсутствии такового

Всю подробную информацию можно найти в `src/include/storage/bufpage.h`.

За заголовком страницы следуют идентификаторы элемента (`ItemIdData`), каждому из которых требуется 4 байта. Идентификатор элемента содержит байтовое смещение до начала элемента, его длину в байтах и несколько битов атрибутов, которые влияют на его интерпретацию. Новые идентификаторы элементов размещаются по мере необходимости от начала свободного пространства. Количество имеющихся идентификаторов элементов можно определить через значение `pd_lower`, которое увеличивается при добавлении нового идентификатора. Поскольку идентификатор элемента никогда не перемещается до тех пор, пока он не освобождается, его индекс можно использовать в течение длительного периода времени, чтобы ссылаться на элемент, даже когда сам элемент перемещается по странице для уплотнения свободного пространства. Фактически каждый указатель на элемент (`ItemPointer`, также известный как `CTID`), созданный PostgreSQL, состоит из номера страницы и индекса идентификатора элемента.

Сами элементы хранятся в пространстве, выделяемом в направлении от конца к началу незанятого пространства. Точная структура меняется в зависимости от того, каким будет содержание таблицы, так и последовательности используют структуру под названием `HeapTupleHeaderData`, которая описывается ниже.

Последний раздел является «особым разделом», который может содержать всё, что необходимо методу доступа для хранения. Например, индексы-B-деревья хранят ссылки на страницы слева и справа, равно как и некоторые другие данные, соответствующие структуре индекса. Обычные таблицы не используют особый раздел вовсе (что указывается установкой значения `pd_special` равным размеру страницы).

68.6.1. Компоновка строки таблицы

Все строки таблицы структурированы одним и тем же образом. Они включают заголовок фиксированного размера (занимающий 23 байта на большинстве машин), за которым следует необязательная битовая карта пустых значений, необязательное поле идентификатора объекта и данные пользователя. Подробное описание заголовка представлено в Таблица 68.4. Актуальные пользовательские данные (столбцы строки) начинаются после смещения, заданного в `t_hoff`, которое должно всегда быть кратным величине `MAXALIGN` для платформы. Битовая карта пустых значений имеется тогда, когда бит `HEAP_HASNULL` установлен в значении `t_infomask`. В случае наличия, она начинается сразу после фиксированного заголовка и занимает достаточно байтов, чтобы иметь один бит на столбец (т. е. `t_natts` битов всего). В этом списке битов установленный в единицу бит означает непустое значение, а установленный в ноль соответствует пустому значению. Когда битовая карта отсутствует, все столбцы считаются непустыми. Идентификатор объекта присутствует, если только бит `HEAP_HASOID` установлен в значении `t_infomask`. Если он есть, он расположен сразу перед началом `t_hoff`. Любое заполнение, необходимое для того, чтобы сделать `t_hoff` кратным `MAXALIGN`, будет расположено между битовой картой пустых значений и идентификатором объекта. (Это в свою очередь гарантирует, что идентификатор объекта будет правильно выровнен.)

Таблица 68.4. Данные заголовка строки таблицы (HeapTupleHeaderData)

Поле	Тип	Длина	Описание
t_xmin	TransactionId	4 байта	значение XID вставки
t_xmax	TransactionId	4 байта	значение XID удаления
t_cid	CommandId	4 байта	значение CID для вставки и/или удаления (пересекается с t_xvac)
t_xvac	TransactionId	4 байта	XID для операции VACUUM, которая перемещает версию строки
t_ctid	ItemPointerData	6 байт	текущее значение TID этой или более новой версии строки
t_infomask2	uint16	2 байта	количество атрибутов плюс различные биты флагов
t_infomask	uint16	2 байта	различные биты флагов
t_hoff	uint8	1 байт	отступ до пользовательских данных

Всю подробную информацию можно найти в `src/include/access/htup_details.h`.

Интерпретация текущих данных может быть проведена с помощью информации, полученной из других таблиц, в основном из `pg_attribute`. Ключевые значения, необходимые для определения расположения полей `attlen` и `attalign`. Не существует способа непосредственного получения заданного атрибута кроме случая, когда имеются только поля фиксированной длины, и при этом нет пустых значений. Все эти особенности учитываются в функциях `heap_getattr`, `fastgetattr` и `heap_getsysattr`.

Чтобы прочитать данные, необходимо просмотреть каждый атрибут по очереди. В первую очередь нужно проверить, является ли значение поля пустым согласно битовой карте пустых значений. Если это так, можно переходить к следующему полю. Затем следует убедиться, что выравнивание является верным. Если это поле фиксированной ширины, берутся просто все его байты. Если это поле переменной длины (`attlen = -1`), всё несколько сложнее. Все типы данных с переменной длиной имеют общую структуру заголовка `struct varlena`, которая включает общую длину сохранённого значения и некоторые биты флагов. В зависимости от установленных флагов, данные могут храниться либо локально, либо в таблице TOAST. Также, возможно сжатие данных (см. Раздел 68.2).

Глава 69. Объявление и начальное содержимое системных каталогов

В PostgreSQL используется множество разных системных каталогов для учёта информации о существовании и свойствах объектов базы, например, таблиц и функций. Физически системный каталог не отличается от простой таблицы, но серверный код на С знает структуру и характеристики каждого каталога и может работать с ним на низком уровне. Поэтому, например, не стоит пытаться изменять структуру каталога «на лету»; это нарушит встроенные в код предположения о том, как располагаются строки в каталоге. Однако структура каталога может меняться при переходе с одной основной версии на другую.

Структуры каталогов объявляются в специально оформленных заголовочных файлах С в каталоге `src/include/catalog/` дерева исходного кода. В частности, для каждого каталога имеется заголовочный файл, названный по имени каталога (например, `pg_class.h` для `pg_class`) и определяющий набор столбцов в этом каталоге, а также другие основные свойства, например, его OID. К другим важным файлам, задающим структуру каталога, относится `indexing.h`, определяющий, какие индексы присутствуют во всех системных каталогах, и `toasting.h`, определяющий таблицы TOAST для каталогов, которым они нужны.

Со многими каталогами связаны исходные данные, которые должны быть загружены в них на стадии «начальной загрузки» `initdb`, чтобы система оказалась в состоянии, когда она сможет выполнять команды SQL. (Например, `pg_class.h` должен содержать запись, ссылающуюся на этот же каталог, и перечисление всех остальных системных каталогов и индексов.) Эти исходные данные задаются в редактируемой форме в файлах, которые также находятся в каталоге `src/include/catalog/`. Например, в `pg_proc.dat` описываются все исходные строки, которые должны быть вставлены в каталог `pg_proc`.

Чтобы создать файлы каталогов и загрузить в них эти исходные данные, серверный процесс, работающий в режиме начальной загрузки, считывает файл `BKI` (Backend Interface, Серверный интерфейс), содержащий команды и исходные данные. Файл `postgres.bki`, используемый в этом режиме, конструируется из вышеупомянутых заголовочных файлов и файлов данных при сборке дистрибутива PostgreSQL Perl-скриптом `genbki.pl`. Хотя `postgres.bki` привязан к определённому выпуску PostgreSQL, он является платформонезависимым и устанавливается в подкаталог `share` дерева инсталляции.

Скрипт `genbki.pl` также генерирует производный заголовочный файл для каждого каталога, например `pg_class_d.h` для каталога `pg_class`. Этот файл содержит автоматически генерируемые макроопределения и может содержать другие макросы, определения перечислений и т. п., которые могут быть полезны для клиентского кода, читающего определённый каталог.

Большинству разработчиков Postgres нет необходимости иметь дело непосредственно с файлом `BKI`, но для практически любой нетривиальной доработки потребуется модификация заголовочных файлов и/или файлов с исходными данными каталога. В продолжении этой главы рассказывается об этом, а также для полноты описывается формат файла `BKI`.

69.1. Правила объявления системных каталогов

Ключевой частью заголовочного файла каталога является описание структуры на С, определяющее вид каждой строки каталога. Оно начинается с макроса `CATALOG`, который, если говорить о компиляторе С, является просто сокращённой записью `typedef struct FormData_имя_каталога`. Каждое поле в этой структуре порождает столбец каталога. Поля можно дополнить макросами свойств `BKI`, объявленными в `genbki.h`. Например, для поля можно задать значение по умолчанию или указать, допускается ли в нём `NULL`. Строку `CATALOG` можно также дополнить некоторыми другими макросами свойств `BKI`, объявленными в `genbki.h` и определяющими другие свойства каталога в целом, например, содержит ли он OID (по умолчанию каталоги содержат OID).

Код кеша системного каталога (и в принципе почти весь код, манипулирующий каталогом) предполагает, что имеющие постоянный размер части всех кортежей системных каталогов присутствуют

фактически, так как он отображает на них объявления структуры на С. Таким образом, все поля переменной длины и поля, принимающие NULL, должны располагаться в конце, и обращаться к ним как к полям структуры нельзя. Например, если присвоить полю `pg_type.typrelid` значение NULL, обращение в каком-либо месте кода к `typetup->typrelid` (или, что ещё хуже, к полю `typetup->typelem`, следующему за `typrelid`) будет некорректным. Это приведёт к случайным ошибкам или даже нарушениям сегментации.

В качестве частичной защиты от ошибок такого типа поля переменной длины или поля, принимающие NULL, следует скрыть от компилятора С. Это реализуется посредством обёртки `#ifdef CATALOG_VARLEN ... #endif` (где `CATALOG_VARLEN` — символ, который всегда будет неопределённым). Это не позволяет коду на С беспрепятственно обращаться к полям, которые могут отсутствовать или располагаться по некоторому другому смещению. В качестве дополнительной меры, препятствующей созданию некорректных строк, мы требуем, чтобы все столбцы, которые не должны принимать NULL, помечались соответствующим образом в `pg_attribute`. Код начальной загрузки автоматически пометит столбцы каталога как `NOT NULL`, если они имеют фиксированную длину и перед ними нет столбцов, принимающих NULL. Там, где это правило применяется некорректно, можно исправить пометку, добавив дополнительные указания `BKI_FORCE_NOT_NULL` или `BKI_FORCE_NULL`. Но заметьте, что ограничения `NOT NULL` контролируются только исполнителем запросов; на уровне кода С они не действуют, поэтому создавать или изменять строки каталога вручную нужно так же аккуратно.

Код клиентской части не должен включать никакие заголовочные файлы каталогов `pg_xxx.h`, так как эти файлы могут содержать код на С, который не будет компилироваться вне кода сервера. (Обычно это происходит из-за того, что эти файлы также содержат объявления функций в файлах `src/backend/catalog/`.) Вместо этого клиентский код может включить соответствующий сгенерированный заголовок `pg_xxx_d.h` с определениями различных OID и другими данными, которые могут быть полезны на стороне клиента. Если вам нужно, чтобы макросы или другой код в заголовочных файлах каталогов были видимы в клиентском коде, заключите соответствующую секцию в условие `#ifdef EXPOSE_TO_CLIENT_CODE ... #endif`, чтобы `genbki.pl` скопировал эту секцию в заголовок `pg_xxx_d.h`.

Некоторые каталоги настолько основополагающие, что их нельзя создать даже командой `BKI create`, которая используется для большинства каталогов, так как эта команда должна записать информацию, описывающую новый каталог, в эти базовые каталоги. Они называются каталогами *начальной загрузки* и для определения их требуется много дополнительных действий: вы должны вручную подготовить соответствующие записи для них в предварительно загружаемых данных `pg_class` и `pg_type`, и эти записи потребуется модифицировать при последующих изменениях в структуре каталога. (Каталогам начальной загрузки также нужны предварительно загруженные записи в `pg_attribute`, но, к счастью, сейчас с этим управляется скрипт `genbki.pl`.) По возможности избегайте включения новых каталогов в категорию каталогов начальной загрузки.

69.2. Исходные данные системных каталогов

Для каждого каталога, с которым связаны вручную создаваемые исходные данные, (не все каталоги такие) имеется соответствующий файл `.dat`, содержащий эти данные в редактируемом формате.

69.2.1. Формат файла данных

Каждый файл `.dat` содержит описания структур данных Perl, в результате вычисления которых (функцией `eval`) в памяти формируется структура данных, состоящая из массива хеш-ссылок, соответствующих каждой строке каталога. Немного модифицированная выдержка из `pg_database.dat` иллюстрирует основные моменты:

```
[  
  
# Здесь мог быть комментарий.  
{ oid => '1', oid_symbol => 'TemplateDbOid',  
  descr => 'database\'s default template',  
  datname => 'template1', datdba => 'PGUID', encoding => 'ENCODING',
```

```
datcollate => 'LC_COLLATE', datatype => 'LC_CTYPE', datistemplate => 't',
dataallowconn => 't', datconnlimit => '-1', datlastsysoid => '0',
datfrozenxid => '0', datminmxid => '1', dattablespace => '1663',
datacl => '_null_' },
```

]

Замечания:

- Общий формат файла: открывающая квадратная скобка, один или более наборов фигурных скобок, каждый из которых представляет строку каталога, и закрывающая квадратная скобка. После каждой закрывающей фигурной скобки должна идти запятая.
- В каждой строке каталога записываются разделённые запятыми пары *ключ => значение*. В качестве *ключа* принимаются имена столбцов каталога, а также ключи метаданных *oid*, *oid_symbol* и *descr*. (Использование *oid* и *oid_symbol* описывается в Подразделе 69.2.2. В *descr* задаётся строка с описанием объекта, которое будет вставлено в *pg_description* или *pg_shdescription*.) Ключи метаданных могут опускаться, но ключ для каждого столбца каталога должен присутствовать, если только в файле *.h* данного каталога для столбца не задано значение по умолчанию.
- Все значения должны заключаться в апострофы. Апострофы внутри значений экранируются обратной косой чертой. Обратные косые черты в данных могут, но не обязательно должны дублироваться; это соответствует правилам Perl по оформлению простых строковых констант. Заметьте, что обратные косые черты, фигурирующие в данных, будут обрабатываться сканером исходных данных как символы экранирования, согласно тем же правилам записи строковых констант (см. Подраздел 4.1.2.2); например, `\t` преобразуется в символ табуляции. Если вы хотите получить именно обратную косую черту в окончательном значении, вам надо будет написать четыре этих символа: Perl отбрасывает два и оставляет `\\` сканеру исходных данных.
- Значения NULL представляются как *_null_*. (Заметьте, что создать значение с именно такой строкой невозможно.)
- Комментарии предваряются знаком *#* и должны размещаться в отдельных строках.
- Для большей наглядности значения полей, выражающие OID других записей каталога, могут быть представлены именами, а не только числовыми кодами OID. Об этом рассказывается в Подразделе 69.2.3.
- Так как хеши являются неупорядоченной структурой данных, порядок полей и расположение строк не имеют семантической значимости. Однако для поддержания согласованного представления мы установили несколько правил, которые применяет скрипт форматирования *reformat_dat_file.pl*:
 - В каждой паре фигурных скобок сначала идут поля метаданных *oid*, *oid_symbol* и *descr*, в этом же порядке, а затем собственные поля каталога в определённом для них порядке.
 - Переводы строк при необходимости вставляются между полями для ограничения длины строки 80 символами, если это возможно. Перевод строки также вставляется между полями метаданных и обычными полями.
 - Если в файле *.h* каталога задаётся значение по умолчанию для столбца и то же значение указано в записи данных, *reformat_dat_file.pl* уберёт его из файла данных. Таким образом обеспечивается компактное представление данных.
 - Скрипт *reformat_dat_file.pl* сохраняет пустые строки и строки комментариев в неизменном виде.

Скрипт *reformat_dat_file.pl* рекомендуется запускать перед сохранением изменений в данных каталога. Им удобно пользоваться, просто выполняя `make reformat-dat-files` в `src/include/catalog/`.

- Если вы хотите добавить новый метод уменьшения представления данных, вы должны реализовать его в *reformat_dat_file.pl* и также научить `Catalog::ParseData()` разворачивать данные в полное представление.

69.2.2. Назначение OID

Строке каталога, фигурирующей в исходных данных, можно вручную присвоить OID, добавив поле метаданных `oid => nnnn`. Более того, когда строке присваивается OID, для этого OID можно создать макрос `C`, добавив поле метаданных `oid_symbol => имя`.

Предварительно загружаемым строкам каталога должны заранее назначаться OID, если на них по OID ссылаются другие предварительно загружаемые строки. Назначать OID также требуется, если на OID нужно будет сослаться из кода на `C`. В отсутствие этих условий поле метаданных `oid` можно опустить и тогда загрузочный код назначит OID автоматически либо оставит его нулевым, если OID в данном каталоге не используются. На практике мы обычно явно назначаем OID для всех строк в определённом каталоге (даже если фактически присутствуют ссылки только на часть из них) либо не назначаем их вовсе.

Указание фактического числового значения любого OID в коде на `C` считается крайне нежелательным; вместо этого всегда следует использовать макрос. Прямые обращения к OID в `pg_proc` требуются достаточно часто, поэтому был создан специальный механизм, создающий необходимые макросы автоматически; см. `src/backend/utils/Gen_fmgrtab.pl`. С аналогичной целью предусмотрен (но по историческим причинам реализован по-другому) метод создания макросов для OID в `pg_type`. Как следствие, записи `oid_symbol` в этих двух каталогах добавлять не нужно. Подобным образом в `pg_class` автоматически включаются макросы для OID системных каталогов и индексов. Для остальных системных каталогов все нужные вам макросы с `oid_symbol` вы должны добавлять вручную.

Чтобы найти свободный OID для новой предварительно загружаемой строки, запустите скрипт `src/include/catalog/unused_oids`. Он выводит диапазоны неиспользуемых OID, включающие граничные значения (например, выведенная строка «45-900» означает, что OID с 45 по 900 включительно ещё не задействованы). В настоящее время для назначения вручную зарезервированы значения OID 1-9999; скрипт `unused_oids` просто просматривает заголовки каталогов и файлы `.dat` и проверяет, какие значения в них отсутствуют. Для поиска ошибок вы можете воспользоваться скриптом `duplicate_oids`. (Скрипт `genbki.pl` также выявит дублирующиеся OID во время компиляции.)

Счётчик OID начинается с 10000 при запуске начальной загрузки. Если строка каталога находится в таблице с OID, но для неё не было явно установлено поле `oid`, она получит OID, равный 10000 или больше.

69.2.3. Поиск по OID

Перекрёстную ссылку из одной строки исходного каталога на другую можно записать, просто указав предопределённый OID целевой строки. Однако этот подход провоцирует ошибки и сложен для понимания, поэтому для часто используемых каталогов в `genbki.pl` реализованы механизмы записи символических ссылок. В настоящее время по символическим ссылкам можно обращаться к методам доступа, функциям, операторам, классам и семействам операторов, а также типам. При этом действуют следующие правила:

- Для использования символических ссылок в некотором столбце каталога требуется добавить указание `BKI_LOOKUP` (*правило_поиска*) в определение этого столбца, где *правилом_поиска* может быть `pg_am`, `pg_proc`, `pg_operator`, `pg_opclass`, `pg_opfamily` или `pg_type`. Указание `BKI_LOOKUP` может быть добавлено к столбцам типа `Oid`, `regproc`, `oidvector` или `Oid[]`; в последних двух случаях поиск будет выполняться для каждого элемента массива.
- В таком столбце все записи должны иметь символьный формат (исключение составляет 0, обозначающий `InvalidOid`). (Если столбец объявлен как `regproc`, вместо 0 можно написать `-`.) Скрипт `genbki.pl` выдаст предупреждение, встретив нераспознанное имя.
- Методы доступа, как и типы, представляются просто своими именами. Имена типов должны соответствовать полям `typename` в соответствующих записях `pg_type`; псевдонимы типов использовать нельзя, например, нельзя написать `integer` вместо `int4`.

- Функция может быть представлена своим значением `prname`, если оно уникально среди записей `pg_proc.dat` (это работает как ввод значения типа `regproc`). В противном случае её нужно представить как `prname (имя_типа_аргумента, имя_типа_аргумента, ...)`, как в `regprocedure`. Имена типов аргументов должны записываться в точности так, как они фигурируют в поле `proargtypes` в `pg_proc.dat`. Не добавляйте в эту строку пробелы.
- Операторы представляются в виде `oprname (левый_тип, правый_тип)`, при этом имена типов записываются в точности так, как они фигурируют в полях `oprleft` и `oprright` в `pg_operator.dat`. (Вместо опущенного операнда унарного оператора записывается 0.)
- Имена классов операторов и семейств операторов уникальны только в рамках определённого метода доступа, так что они представляются в виде `имя_метода_доступа/имя_объекта`.
- Ни в одном из этих случаев не поддерживается указание схемы; все объекты, создаваемые на стадии начальной загрузки, будут принадлежать схеме `pg_catalog`.

Скрипт `genbki.pl` разрешает все символические ссылки при запуске и помещает в формируемый файл BKI обычные числовые OID. Таким образом, при начальной загрузке отпадает необходимость в разрешении имён.

69.2.4. Рецепты по редактированию файлов данных

Ниже приведены некоторые предложения по оптимальному решению некоторых распространённых задач при изменении файлов каталогов.

Добавление в каталог нового столбца со значением по умолчанию: Добавьте столбец в заголовочный файл с указанием `BKI_DEFAULT (значение)`. Файл данных потребуется редактировать, только если в каких-либо существующих строках в добавленном поле должно быть не значение по умолчанию.

Указание значения по умолчанию для существующего столбца, который его не имел: Добавьте указание `BKI_DEFAULT` в заголовочный файл, а затем выполните `make reformat-dat-files` для удаления ставших избыточными записей поля.

Удаление столбца, со значением по умолчанию или без: Удалите столбец из заголовочного файла, а затем выполните `make reformat-dat-files` для удаления ставших избыточными записей поля.

Изменение или удаление существующего значения по умолчанию: Просто изменить заголовочный файл недостаточно, так как при этом текущие данные будут интерпретироваться некорректно. Сначала выполните `make expand-dat-files`, чтобы перезаписать в файлах данных все явно заданные значения по умолчанию, затем удалите или измените указания `BKI_DEFAULT`, и в завершение выполните `make reformat-dat-files` для повторного удаления избыточных полей.

Разовая массовая модификация: Скрипт `reformat_dat_file.pl` можно скорректировать для выполнения самых разных массовых модификаций. Просмотрев в нём блочные комментарии, вы найдёте место, куда можно вставить модифицирующий код. В следующем примере мы произведём объединение двух логических полей в `pg_proc` в символьном поле:

1. Добавьте новый столбец со значением по умолчанию в `pg_proc.h`:

```
+ /* see PROKIND_ categories below */
+ char      prokind BKI_DEFAULT(f);
```

2. Создайте на основе `reformat_dat_file.pl` новый скрипт, который вставит соответствующие значения «на лету»:

```
-      # At this point we have the full row in memory as a hash
-      # and can do any operations we want. As written, it only
-      # removes default values, but this script can be adapted to
-      # do one-off bulk-editing.
+      # One-off change to migrate to prokind
+      # Default has already been filled in by now, so change to other
```

```
+      # values as appropriate
+      if ($values{proisagg} eq 't')
+      {
+          $values{prokind} = 'a';
+      }
+      elsif ($values{proiswindow} eq 't')
+      {
+          $values{prokind} = 'w';
+      }
```

3. Запустите новый скрипт:

```
$ cd src/include/catalog
$ perl rewrite_dat_with_prokind.pl pg_proc.dat
```

После этого в файле `pg_proc.dat` окажутся все три столбца, `prokind`, `proisagg` и `proiswindow`, хотя они будут фигурировать только в тех строках, где им присваиваются не значения по умолчанию, а любые другие значения.

4. Удалите старые столбцы из `pg_proc.h`:

```
- /* is it an aggregate? */
- bool      proisagg BKI_DEFAULT(f);
-
- /* is it a window function? */
- bool      proiswindow BKI_DEFAULT(f);
```

5. Наконец, выполните `make reformat-dat-files` для удаления ненужных старых записей из `pg_proc.dat`.

Примеры кода, производящего массовые модификации, вы можете найти в скриптах `convert_oid2name.pl` и `remove_pg_type_oid_symbols.pl`, вложенных в сообщение: <https://www.postgresql.org/message-id/CAJVSXGVX8gXnPm+Xa=DxR7kFYprcQ1tNcCT5D0O3ShfnM6jehA@mail.gmail.com>

69.3. Формат файла BKI

В этом разделе описывается, как сервер PostgreSQL интерпретирует файлы BKI. Это описание будет легче понять, если для наглядности вы откроете файл `postgres.bki`.

Содержимое BKI состоит из последовательности команд. Команды образуются из нескольких компонентов, в зависимости от синтаксиса конкретной команды. Компоненты команд обычно разделяются пробельными символами, но это не обязательно, если не возникает неоднозначности. Специальный разделитель команд отсутствует; следующий компонент, который не может синтаксически относиться к предыдущей команде, начинает следующую. (Обычно новая команда начинается в отдельной строке, для структурности.) Компонентами команд могут быть определённые ключевые слова, специальные символы (скобки, запятые и т. д.), числа или строки в двойных кавычках. Все буквы в них воспринимаются с учётом регистра.

Строки, начинающиеся с #, игнорируются.

69.4. Команды BKI

```
create имя_таблицы oid_таблицы [bootstrap] [shared_relation] [without_oids] [rowtype_oid oid]
(имя1 = тип1 [FORCE NOT NULL | FORCE NULL] [, имя2 = тип2 [FORCE NOT NULL | FORCE NULL], ...])
```

Создать таблицу `имя_таблицы` с заданным `oid_таблицы` и столбцами, указанными в скобках.

Непосредственно `bootstrap.c` поддерживает следующие типы столбцов: `bool`, `bytea`, `char` (1 байт), `name`, `int2`, `int4`, `regproc`, `regclass`, `regtype`, `text`, `oid`, `tid`, `xid`, `cid`, `int2vector`, `oidvector`, `_int4` (массив), `_text` (массив), `_oid` (массив), `_char` (массив), `_aclitem` (массив). Хотя возможно создать таблицы, содержащие столбцы и других типов, это нельзя сделать, пока не

будет создан и заполнен соответствующими записями каталог `pg_type`. (По сути это означает, что только эти типы столбцов могут быть в каталогах начальной загрузки, хотя другие каталоги могут содержать любые встроенные типы.)

С указанием `bootstrap` таблица будет создана только на диске; никакие записи о ней не будут добавлены в `pg_class`, `pg_attribute` и т. д. Таким образом, таблица не будет доступна для обычных операций SQL, пока такие записи не будут добавлены явно (командами `insert`). Это указание применяется для создания самой структуры `pg_class` и подобных ей.

Если добавлено указание `shared_relation`, таблица создаётся как общая. Она будет содержать столбец `OID`, если отсутствует указание `without_oids`. Дополнительным предложением `rowtype_oid` может быть задан `OID` типа строки (`OID` записи в `pg_type`); если он не указан, `OID` генерируется автоматически. (Предложение `rowtype_oid` бесполезно, если присутствует указание `bootstrap`, но его всё равно можно добавить для документирования.)

`open имя_таблицы`

Открыть таблицу `имя_таблицы` для добавления данных. Любая другая таблица, открытая в данный момент, закрывается.

`close имя_таблицы`

Закрыть открытую таблицу. Имя таблицы должно задаваться для перепроверки.

`insert [OID = значение_oid] ( значение1 значение2 ... )`

Вставить новую строку в открытую таблицу, установив `значение1`, `значение2` и т. д. в качестве значений столбцов и `значение_oid` в качестве `OID`. Если `значение_oid` равно нулю (0) или это указание опущено, а таблица при этом содержит `OID`, строке назначается следующий свободный `OID`.

Значения `NULL` могут задаваться специальным ключевым словом `_null_`. Значения, отличные от идентификаторов и цифровых строк, должны заключаться в двойные кавычки.

`declare [unique] index имя_индекса oid_индекса on имя_таблицы using имя_метода_доступа ( класс_оп1 имя1 [, ...] )`

Создать индекс `имя_индекса` с `OID`, равным `oid_индекса`, в таблице `имя_таблицы`, с методом доступа `имя_метода_доступа`. Индекс строится по полям `имя1`, `имя2` и т. д., и для них используются соответственно классы операторов `класс_оп1`, `класс_оп2` и т. д. Эта команда создаёт файл индекса и добавляет соответствующие записи в каталог, но не инициализирует содержимое индекса.

`declare toast oid_таблицы_toast oid_индекса_toast on имя_таблицы`

Создаёт таблицу `TOAST` для таблицы `имя_таблицы`. Таблице `TOAST` назначается `OID`, равный `oid_таблицы_toast`, а её индексу назначается `OID`, равный `oid_индекса_toast`. Как и с `declare index`, заполнение индекса откладывается.

`build indices`

Заполнить индексы, объявленные ранее.

69.5. Структура файла `VKI`

Команда `open` может применяться, только когда открываемая ей таблица существует и для неё имеются записи в каталогах. (Минимальный набор этих каталогов образуют `pg_class`, `pg_attribute`, `pg_proc` и `pg_type`.) Чтобы можно было заполнить сами эти таблицы, команда `create` с указанием `bootstrap` неявно открывает создаваемую таблицу для добавления данных.

Кроме того, команды `declare index` и `declare toast` нельзя применять, пока не будут созданы и заполнены системные каталоги.

Таким образом, файл `postgres.bki` должен иметь следующую структуру:

1. `create bootstrap` (создание) одной из критичных таблиц
2. `insert` (добавление) данных, описывающих как минимум критичные таблицы
3. `close`
4. Повторение для других критичных таблиц.
5. `create` (создание) (без `bootstrap`) некритичной таблицы
6. `open`
7. `insert` (добавление) требуемых данных
8. `close`
9. Повторение для других некритичных таблиц.
10. Определение индексов и таблиц `TOAST`.
11. `build indices`

Несомненно есть и другие, недокументированные зависимости, диктующие определённый порядок.

69.6. Пример VKI

Следующая последовательность команд создаст таблицу `test_table` с OID 420, имеющую два столбца `cola` и `colb` типа `int4` и `text`, соответственно, и вставит две строки в эту таблицу:

```
create test_table 420 (cola = int4, colb = text)
open test_table
insert OID=421 ( 1 "value1" )
insert OID=422 ( 2 _null_ )
close test_table
```

Глава 70. Как планировщик использует статистику

Данная глава основана на материалах, рассмотренных ранее (см. Раздел 14.1 и Раздел 14.2), и подробнее рассказывает о том, как планировщик использует статистику для определения количества строк, которое может вернуть каждая часть запроса. Это важная составляющая процесса создания плана запроса, предоставляющая большую часть исходного материала для расчёта стоимости.

Целью данной главы является не подробное документирование кода, а общее описание его работы. Возможно, это поможет тем, кто пожелает в дальнейшем ознакомиться с кодом.

70.1. Примеры оценки количества строк

В приведённых ниже примерах используются таблицы базы данных регрессионного тестирования PostgreSQL. Приведённые листинги получены в версии 8.3. Поведение более ранних (или поздних) версий может отличаться. Заметьте также, что поскольку команда `ANALYZE` использует случайную выборку при формировании статистики, после любого нового выполнения команды `ANALYZE` результаты незначительно изменятся.

Давайте начнём с очень простого запроса:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1;
```

QUERY PLAN

```
-----  
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..458.00 rows=10000 width=244)
```

Как планировщик определяет мощность `tenk1`, рассматривается выше (см. Раздел 14.2), но для полноты здесь говорится об этом ещё раз. Количество страниц и строк берётся в `pg_class`:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 'tenk1';
```

```
relpages | reltuples  
-----+-----  
    358 |    10000
```

Это текущие цифры, полученные при последнем выполнении команд `VACUUM` или `ANALYZE`, применённых к этой таблице. Затем планировщик выполняет выборку фактического текущего числа страниц в таблице (это недорогая операция, для которой не требуется сканирование таблицы). Если оно отличается от `relpages`, то `reltuples` изменяется для того, чтобы привести это значение к текущей оценке количества строк. В показанном выше примере значение `relpages` является актуальным, поэтому количество строк берётся равным `reltuples`.

Давайте обратимся к примеру с диапазонным условием в предложении `WHERE`:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 1000;
```

QUERY PLAN

```
-----  
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=24.06..394.64 rows=1007 width=244)  
  Recheck Cond: (unique1 < 1000)  
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..23.80 rows=1007 width=0)  
        Index Cond: (unique1 < 1000)
```

Планировщик рассматривает условие предложения `WHERE` и находит в справочнике функцию избирательности для оператора `<` в `pg_operator`. Это значение содержится в столбце `oprrest`, и в данном случае значением является `scalarltsel`. Функция `scalarltsel` извлекает гистограмму для `unique1` из `pg_statistic`. Для вводимых вручную запросов удобнее просматривать более простое представление `pg_stats`:

```
SELECT histogram_bounds FROM pg_stats
WHERE tablename='tenk1' AND attname='unique1';
```

histogram_bounds

{0, 993, 1997, 3050, 4040, 5036, 5957, 7057, 8029, 9016, 9995}

Затем обрабатывается часть гистограммы, которая соответствует условию «< 1000». Таким образом и определяется избирательность. Гистограмма делит диапазон на равные частотные группы, поэтому нужно лишь определить группу, содержащую наше значение, и подсчитать её *долю* и *долю групп*, предшествующих данной. Очевидно, что значение 1000 находится во второй группе (993-1997). Если предположить, что внутри каждой группы распределение значений линейное, мы можем вычислить избирательность следующим образом:

```
selectivity = (1 + (1000 - bucket[2].min)/(bucket[2].max - bucket[2].min))/num_buckets
             = (1 + (1000 - 993)/(1997 - 993))/10
             = 0.100697
```

т. е. сумма элементов одной целой группы и пропорциональной части элементов второй, делённая на число групп. Теперь примерное число строк может быть рассчитано как произведение избирательности и мощности tenk1:

```
rows = rel_cardinality * selectivity
      = 10000 * 0.100697
      = 1007 (округлённо)
```

Далее, давайте рассмотрим пример с условием на равенство в предложении WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 = 'CRAAAA';
```

QUERY PLAN

Seq Scan on tenk1 (cost=0.00..483.00 rows=30 width=244)
Filter: (stringu1 = 'CRAAAA'::name)

Планировщик вновь проверяет условие в предложении WHERE и определяет функцию избирательности для =, и этой функцией является eqsel. Для оценки равенства гистограмма бесполезна, вместо неё для оценки избирательности используется список *наиболее распространённых значений* (Most Common Values, MCV). Давайте рассмотрим MCV и соответствующие дополнительные столбцы, которые пригодятся позже:

```
SELECT null_frac, n_distinct, most_common_vals, most_common_freqs FROM pg_stats
WHERE tablename='tenk1' AND attname='stringu1';
```

```
null_frac          | 0
n_distinct         | 676
most_common_vals   |
{EJAAAA, BBAAAA, CRAAAA, FCAAAA, FEAAAA, GSAAAA, JOAAAA, MCAAAA, NAAAAA, WGAAAA}
most_common_freqs  | {0.00333333, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003, 0.003}
```

Так как значение CRAAAA оказалось в списке MCV, избирательность будет определяться просто соответствующим элементом в списке частот наиболее распространённых значений (Most Common Frequencies, MCF):

```
selectivity = mcf[3]
            = 0.003
```

Как и в предыдущем примере, оценка числа строк берётся как произведение мощности и избирательности tenk1:

```
rows = 10000 * 0.003
      = 30
```

Теперь рассмотрим тот же самый запрос, но с константой, которой нет в списке MCV:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 = 'xxx';
```

QUERY PLAN

```
-----  
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=15 width=244)  
  Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
```

Это совершенно другая задача — как оценить избирательность значения, которого *нет* в списке MCV. При её решении используется факт отсутствия данного значения в списке в сочетании с частотой для каждого значения из списка MCV.

```
selectivity = (1 - sum(mvf))/(num_distinct - num_mcv)  
             = (1 - (0.00333333 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 +  
                   0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003))/(676 - 10)  
             = 0.0014559
```

Т. е. нужно сложить частоты значений из списка MCV, отнять полученное число от единицы, и полученное значение разделить на количество *остальных* уникальных значений. Эти вычисления основаны на предположении, что значения, которые не входят в список MCV, имеют равномерное распределение. Заметьте, что в данном примере нет неопределённых значений, поэтому о них беспокоиться не нужно (иначе их долю также пришлось бы вычитать из числителя). Оценка числа строк затем производится как обычно:

```
rows = 10000 * 0.0014559  
      = 15  (округлённо)
```

Предыдущий пример с `unique1 < 1000` был большим упрощением того, что в действительности делает `scalarlttsel`. Но после того, как мы увидели пример использования списка MCV, мы можем внести некоторые дополнения. Что касается самого примера, в нём все было правильно, поскольку `unique1` это уникальный столбец, у него нет значений в списке MCV (очевидно, в данном случае нет значения, которое является более распространённым, чем любое другое). Для неуникального столбца обычно создаётся как гистограмма, так и список MCV, при этом *гистограмма не включает значения, представленные в списке MCV*. Данный способ позволяет выполнить более точный подсчёт. В этой ситуации `scalarlttsel` напрямую применяет условие «`< 1000`» к каждому значению списка MCV и суммирует частоты значений MCV, для которых условие является верным. Это даёт точную оценку избирательности для той части таблицы, которая содержит значения из списка MCV. Подобным же образом используется гистограмма для оценки избирательности для той части таблицы, которая не содержит значения из списка MCV, а затем эти две цифры складываются для оценки общей избирательности. Например, рассмотрим

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE stringu1 < 'IAAAAA';
```

QUERY PLAN

```
-----  
Seq Scan on tenk1  (cost=0.00..483.00 rows=3077 width=244)  
  Filter: (stringu1 < 'IAAAAA'::name)
```

Мы уже видели данные списка MCV для `stringu1`, а это его гистограмма:

```
SELECT histogram_bounds FROM pg_stats  
WHERE tablename='tenk1' AND attname='stringu1';
```

histogram_bounds

```
-----  
{AAAAAA, CQAAAA, FRAAAA, IBAAAA, KRAAAA, NFAAAA, PSAAAA, SGAAAA, VAAAAA, XLAAAA, ZZAAAA}
```

Проверяя список MCV, находим, что условие `stringu1 < 'IAAAAA'` соответствует первым шести записям, но не соответствует последним четырём, поэтому избирательность для значений, соответствующих значениям в списке MCV, такова:

```
selectivity = sum(relevant mvfs)  
            = 0.00333333 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003 + 0.003  
            = 0.01833333
```

Сумма всех частот из списка MCF также сообщает нам, что общая часть представленной списком MCV совокупности записей равняется 0.03033333, и поэтому представленная гистограммой часть равняется 0.96966667 (в этом случае тоже нет неопределённых значений, иначе их пришлось бы также исключить). Видно, что значение 1AAAAA попадает почти в конец третьего столбца гистограммы. Основываясь на простых предположениях относительно частоты различных символов, планировщик получает число 0.298387 для части значений, представленных в гистограмме, которые меньше чем 1AAAAA. Затем объединяем оценки части значений из списка MCV и значений, не содержащихся в нём:

```
selectivity = mcv_selectivity + histogram_selectivity * histogram_fraction
             = 0.01833333 + 0.298387 * 0.96966667
             = 0.307669

rows        = 10000 * 0.307669
             = 3077 (округлённо)
```

В этом конкретном примере, корректировка со стороны списка MCV достаточно мала, потому что распределение значений столбца довольно плоское (статистика, показывающая конкретные значения как более распространённые, чаще всего получается вследствие статистической погрешности). В более типичном случае, когда некоторые значения являются значительно более распространёнными по сравнению с другими, этот более сложный метод повышает точность вследствие точного определения избирательности наиболее распространённых значений.

Теперь давайте рассмотрим случай с более чем одним условием в предложении WHERE:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 WHERE unique1 < 1000 AND stringu1 = 'xxx';
```

QUERY PLAN

```
-----
Bitmap Heap Scan on tenk1  (cost=23.80..396.91 rows=1 width=244)
  Recheck Cond: (unique1 < 1000)
  Filter: (stringu1 = 'xxx'::name)
    -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..23.80 rows=1007 width=0)
        Index Cond: (unique1 < 1000)
```

Планировщик исходит из того, что два условия независимы, таким образом, отдельные значения избирательности можно перемножить:

```
selectivity = selectivity(unique1 < 1000) * selectivity(stringu1 = 'xxx')
             = 0.100697 * 0.0014559
             = 0.0001466

rows        = 10000 * 0.0001466
             = 1 (округлённо)
```

Заметьте, что число строк, которые предполагается вернуть через сканирование битового индекса, соответствует условию, используемому при работе индекса; это важно, так как влияет на оценку стоимости для последующих выборок из таблицы.

В заключение исследуем запрос, выполняющий соединение:

```
EXPLAIN SELECT * FROM tenk1 t1, tenk2 t2
WHERE t1.unique1 < 50 AND t1.unique2 = t2.unique2;
```

QUERY PLAN

```
-----
Nested Loop  (cost=4.64..456.23 rows=50 width=488)
  -> Bitmap Heap Scan on tenk1 t1  (cost=4.64..142.17 rows=50 width=244)
      Recheck Cond: (unique1 < 50)
      -> Bitmap Index Scan on tenk1_unique1  (cost=0.00..4.63 rows=50 width=0)
          Index Cond: (unique1 < 50)
  -> Index Scan using tenk2_unique2 on tenk2 t2  (cost=0.00..6.27 rows=1 width=244)
```



```
Index Cond: (unique2 = t1.unique2)
```

Ограничение, накладываемое на `tenk1`, `unique1 < 50`, производится до соединения вложенным циклом. Это обрабатывается аналогично предыдущему примеру с диапазонным условием. На этот раз значение 50 попадает в первый столбец гистограммы `unique1`:

```
selectivity = (0 + (50 - bucket[1].min) / (bucket[1].max - bucket[1].min)) / num_buckets
             = (0 + (50 - 0) / (993 - 0)) / 10
             = 0.005035

rows        = 10000 * 0.005035
             = 50 (округлённо)
```

Ограничение для соединения следующее `t2.unique2 = t1.unique2`. Здесь используется уже известный нам оператор `=`, однако функцию избирательности получаем из столбца `oprjoin` представления `pg_operator`, и эта функция — `eqjoinsel`. Функция `eqjoinsel` находит статистические данные как для `tenk2`, так и для `tenk1`:

```
SELECT tablename, null_frac, n_distinct, most_common_vals FROM pg_stats
WHERE tablename IN ('tenk1', 'tenk2') AND attname='unique2';
```

tablename	null_frac	n_distinct	most_common_vals
tenk1	0	-1	
tenk2	0	-1	

В этом случае нет данных MCV для `unique2`, потому что все значения будут уникальными. Таким образом, используется алгоритм, зависящий только от числа различающихся значений для обеих таблиц и от данных с неопределёнными значениями:

```
selectivity = (1 - null_frac1) * (1 - null_frac2) * min(1/num_distinct1, 1/
num_distinct2)
             = (1 - 0) * (1 - 0) / max(10000, 10000)
             = 0.0001
```

Т. е., вычитаем долю неопределённых значений из единицы для каждой таблицы и делим на максимальное из чисел различающихся значений. Количество строк, которое соединение, вероятно, сгенерирует, вычисляется как мощность декартова произведения двух входных значений, умноженная на избирательность:

```
rows = (outer_cardinality * inner_cardinality) * selectivity
      = (50 * 10000) * 0.0001
      = 50
```

Если бы имелись списки MCV для двух столбцов, функцией `eqjoinsel` использовалось бы прямое сравнение со списками MCV для определения общей избирательности той части данных, которая содержит значения списка MCV. Оценка остальной части данных при этом выполнялась бы представленным выше способом.

Заметьте, что здесь выводится для `inner_cardinality` значение 10000, то есть исходный размер `tenk2`. Если изучить вывод `EXPLAIN`, может показаться, что оценка количества строк вычисляется как `50 * 1`, то есть число внешних строк умножается на ориентировочное число строк, получаемых при каждом внутреннем сканировании индекса в `tenk2`. Но это не так, ведь размер результата соединения оценивается до того, как выбирается конкретный план соединения. Если всё работает корректно, оба варианта вычисления этого размера должны давать один и тот же ответ, но из-за ошибок округления и других факторов иногда они значительно различаются.

Для интересующихся более подробной информацией: оценка размера таблицы (до выполнения условий в предложении `WHERE`) реализована в файле `src/backend/optimizer/util/plancat.c`. Основная логика для вычисления избирательности предложений находится в `src/backend/optimizer/path/clausesel.c`. Специфичные для отдельных операторов функции избирательности, в основном, расположены в `src/backend/utils/adts/selffuncs.c`.

70.2. Примеры многовариантной статистики

70.2.1. Функциональные зависимости

Многовариантную корреляцию можно продемонстрировать на очень простом наборе данных — таблице с двумя столбцами, содержащими одинаковые значения:

```
CREATE TABLE t (a INT, b INT);
INSERT INTO t SELECT i % 100, i % 100 FROM generate_series(1, 10000) s(i);
ANALYZE t;
```

Как рассказывается в Разделе 14.2, планировщик может определить мощность `t`, исходя из числа страниц и строк, полученного из `pg_class`:

```
SELECT relpages, reltuples FROM pg_class WHERE relname = 't';
```

```
relpages | reltuples
-----+-----
      45 |      10000
```

Распределение данных очень простое: в каждом столбце содержится всего 100 различных значений, равномерно распределённых.

Следующий пример показывает результат оценивания условия `WHERE` по столбцу `a`:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1;
               QUERY PLAN
```

```
-----
Seq Scan on t  (cost=0.00..170.00 rows=100 width=8) (actual rows=100 loops=1)
  Filter: (a = 1)
  Rows Removed by Filter: 9900
```

Планировщик рассматривает условие и определяет, что его избирательность равна 1%. Сравнивая эту оценку и фактическое число строк, мы видим, что оценка очень точна (на самом деле абсолютна точна, так как таблица очень маленькая). Если изменить условие `WHERE`, чтобы использовался столбец `b`, будет получен такой же план. Но посмотрите, что получится, если мы применим одинаковое условие к двум столбцам, объединив их оператором `AND`:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 1;
               QUERY PLAN
```

```
-----
Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=1 width=8) (actual rows=100 loops=1)
  Filter: ((a = 1) AND (b = 1))
  Rows Removed by Filter: 9900
```

Планировщик оценивает избирательность каждого условия индивидуально, и получает ту же оценку в 1%, что и выше. Затем он предполагает, что условия независимы, так что он перемножает избирательности и выдаёт окончательную оценку избирательности, равную всего 0.01%. Это значительная недооценка, так как фактическое число строк, соответствующих условию, (100) на два порядка больше.

Эту проблему можно решить, создав объект статистики, который укажет команде `ANALYZE` вычислить многовариантную статистику функциональной зависимости по двум столбцам:

```
CREATE STATISTICS stts (dependencies) ON a, b FROM t;
ANALYZE t;
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT * FROM t WHERE a = 1 AND b = 1;
               QUERY PLAN
```

```
-----
Seq Scan on t  (cost=0.00..195.00 rows=100 width=8) (actual rows=100 loops=1)
  Filter: ((a = 1) AND (b = 1))
  Rows Removed by Filter: 9900
```

70.2.2. Многовариантное число различных значений

Подобная проблема возникает с оценкой мощности наборов с несколькими столбцами, например, с оценкой числа групп, которые могут быть выданы предложением GROUP BY. Когда в GROUP BY указан один столбец, оценка числа различных значений (которую можно увидеть как ожидаемое число строк, выдаваемое узлом HashAggregate) очень точная:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a;  
QUERY PLAN
```

```
-----  
HashAggregate  (cost=195.00..196.00 rows=100 width=12) (actual rows=100 loops=1)  
  Group Key: a  
    -> Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=4) (actual rows=10000  
        loops=1)
```

Но оценка числа групп в запросе с двумя столбцами в GROUP BY без многовариантной статистики, как и в предыдущем примере, отличается от правильной на порядок:

```
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a, b;  
QUERY PLAN
```

```
-----  
HashAggregate  (cost=220.00..230.00 rows=1000 width=16) (actual rows=100 loops=1)  
  Group Key: a, b  
    -> Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=8) (actual rows=10000  
        loops=1)
```

Если переопределить объект статистики, чтобы он включал подсчёт числа различных значений для двух столбцов, оценка станет гораздо лучше:

```
DROP STATISTICS stts;  
CREATE STATISTICS stts (dependencies, ndistinct) ON a, b FROM t;  
ANALYZE t;  
EXPLAIN (ANALYZE, TIMING OFF) SELECT COUNT(*) FROM t GROUP BY a, b;  
QUERY PLAN
```

```
-----  
HashAggregate  (cost=220.00..221.00 rows=100 width=16) (actual rows=100 loops=1)  
  Group Key: a, b  
    -> Seq Scan on t  (cost=0.00..145.00 rows=10000 width=8) (actual rows=10000  
        loops=1)
```

70.3. Статистика планировщика и безопасность

Доступ к таблице pg_statistic разрешён только суперпользователям, так что обычные пользователи не могут получить из неё сведения о содержимом таблиц других пользователей. Но некоторые функции оценки избирательности будут использовать пользовательский оператор (оператор, фигурирующий в запросе, или связанный) для анализа сохранённой статистики. Например, чтобы определить применимость сохранённого самого частого значения, функция оценки избирательности должна задействовать соответствующий оператор = для сравнения константы в запросе с этим сохранённым значением. Таким образом, данные pg_statistic в принципе могут передаваться пользовательским операторам. А особым образом сконструированный оператор может выводить наружу передаваемые ему операнды преднамеренно (например, записывая их в журнал или помещая в другую таблицу) либо непреднамеренно (показывая их значения в сообщениях об ошибках). В любом случае это даёт возможность пользователю, не имеющему доступа к таблице pg_statistic, увидеть содержащиеся в ней данные.

Для предотвращения этого все встроенные функции оценки избирательности действуют по следующим правилам. Чтобы сохранённая статистика могла использоваться при планировании запроса, текущий пользователь должен иметь либо право SELECT для таблицы или задействованных столб-

цов, либо у оператора должна быть характеристика `LEAKPROOF` (точнее, она должна быть у функции, реализующей этот оператор). В противном случае оценка избирательности будет осуществляться так, как если бы статистики не было вовсе, и планировщик продолжит работу с общими или вторичными предположениями.

Если пользователь не имеет требуемого права доступа к таблице или столбцам, то во многих случаях при выполнении запроса в конце концов возникнет ошибка «нет доступа», так что этот механизм будет незаметен на практике. Но если пользователь читает данные из представления с барьером безопасности, планировщик может захотеть проверить статистику нижележащей таблицы, которая недоступна пользователю непосредственно. В этом случае оператор должен быть герметичным; иначе статистика не будет использоваться. Это не будет иметь внешних проявлений кроме того, что план запроса может быть неоптимальным. В случае подозрений, что вы столкнулись с этим, попробуйте запустить запрос от имени пользователя с расширенными правами и проверьте, не выбирается ли другой план запроса.

Это ограничение применяется только тогда, когда планировщику может потребоваться выполнить пользовательский оператор с одним или несколькими значениями из `pg_statistic`. При этом планировщику разрешено использовать общую статистическую информацию, например, процент значений `NULL` или количество различных значений в столбце, вне зависимости от прав доступа.

Реализуемые в дополнительных расширениях функции оценки избирательности, которые могут обращаться к статистике, вызывая пользовательские операторы, должны следовать тем же правилам безопасности. За практическими указаниями обратитесь к исходному коду PostgreSQL.

Часть VIII. Приложения

Приложение А. Коды ошибок PostgreSQL

Всем сообщениям, которые выдаёт сервер PostgreSQL, назначены пятисимвольные коды ошибок, соответствующие кодам «SQLSTATE», описанным в стандарте SQL. Приложения, которые должны знать, какое условие ошибки имело место, обычно проверяют код ошибки и только потом обращаются к текстовому сообщению об ошибке. Коды ошибок, скорее всего, не изменятся от выпуска к выпуску PostgreSQL, и они не меняются при локализации как сообщения об ошибках. Заметьте, что отдельные, но не все коды ошибок, которые выдаёт PostgreSQL, определены стандартом SQL; некоторые дополнительные коды ошибок для условий, не описанных стандартом, были добавлены независимо или позаимствованы из других баз данных.

Согласно стандарту, первые два символа кода ошибки обозначают класс ошибок, а последние три символа обозначают определённое условие в этом классе. Таким образом, приложение, не знающее значение определённого кода ошибки, всё же может понять, что делать, по классу ошибки.

В Таблице А.1 перечислены все коды ошибок, определённые в PostgreSQL 11.1. (Некоторые коды в настоящее время не используются, хотя они определены в стандарте SQL.) Также показаны классы ошибок. Для каждого класса ошибок имеется «стандартный» код ошибки с последними тремя символами 000. Этот код выдаётся только для таких условий ошибок, которые относятся к некоторому классу, но не имеют более определённого кода.

Символ, указанный в столбце «Имя условия», определяет условие в PL/pgSQL. Имена условий могут записываться в верхнем или нижнем регистре. (Заметьте, что PL/pgSQL, в отличие от ошибок, не распознаёт предупреждения; то есть классы 00, 01 и 02.)

Для некоторых типов ошибок сервер сообщает имя объекта базы данных (таблица, столбец таблицы, тип данных или ограничение), связанного с ошибкой; например, имя уникального ограничения, вызвавшего ошибку `unique_violation`. Такие имена передаются в отдельных полях сообщения об ошибке, чтобы приложениям не пришлось извлекать его из возможно локализованного текста ошибки для человека. На момент выхода PostgreSQL 9.3 полностью охватывались только ошибки класса SQLSTATE 23 (нарушения ограничений целостности), но в будущем должны быть охвачены и другие классы.

Таблица А.1. Коды ошибок PostgreSQL

Код ошибки	Имя условия
Класс 00 — Успешное завершение	
00000	successful_completion
Класс 01 — Предупреждение	
01000	warning
0100C	dynamic_result_sets_returned
01008	implicit_zero_bit_padding
01003	null_value_eliminated_in_set_function
01007	privilege_not_granted
01006	privilege_not_revoked
01004	string_data_right_truncation
01P01	deprecated_feature
Класс 02 — Нет данных (это также класс предупреждений согласно стандарту SQL)	
02000	no_data
02001	no_additional_dynamic_result_sets_returned

Код ошибки	Имя условия
Класс 03 — SQL-оператор ещё не завершён	
03000	sql_statement_not_yet_complete
Класс 08 — Исключение, связанное с подключением	
08000	connection_exception
08003	connection_does_not_exist
08006	connection_failure
08001	sqlclient_unable_to_establish_sqlconnection
08004	sqlserver_rejected_establishment_of_sqlconnection
08007	transaction_resolution_unknown
08P01	protocol_violation
Класс 09 — Исключение с действием триггера	
09000	triggered_action_exception
Класс 0A — Неподдерживаемая функциональность	
0A000	feature_not_supported
Класс 0B — Неверное начало транзакции	
0B000	invalid_transaction_initiation
Класс 0F — Исключение с указателем на данные	
0F000	locator_exception
0F001	invalid_locator_specification
Класс 0L — Неверный праводатель	
0L000	invalid_grantor
0LP01	invalid_grant_operation
Класс 0P — Неверное указание роли	
0P000	invalid_role_specification
Класс 0Z — Исключение диагностики	
0Z000	diagnostics_exception
0Z002	stacked_diagnostics_accessed_without_active_handler
Класс 20 — Case не найден	
20000	case_not_found
Класс 21 — Нарушение количества	
21000	cardinality_violation
Класс 22 — Исключение в данных	
22000	data_exception
2202E	array_subscript_error
22021	character_not_in_repertoire
22008	datetime_field_overflow
22012	division_by_zero
22005	error_in_assignment

Код ошибки	Имя условия
2200B	escape_character_conflict
22022	indicator_overflow
22015	interval_field_overflow
2201E	invalid_argument_for_logarithm
22014	invalid_argument_for_ntile_function
22016	invalid_argument_for_nth_value_function
2201F	invalid_argument_for_power_function
2201G	invalid_argument_for_width_bucket_function
22018	invalid_character_value_for_cast
22007	invalid_datetime_format
22019	invalid_escape_character
2200D	invalid_escape_octet
22025	invalid_escape_sequence
22P06	nonstandard_use_of_escape_character
22010	invalid_indicator_parameter_value
22023	invalid_parameter_value
22013	invalid_preceding_or_following_size
2201B	invalid_regular_expression
2201W	invalid_row_count_in_limit_clause
2201X	invalid_row_count_in_result_offset_clause
2202H	invalid_tablesample_argument
2202G	invalid_tablesample_repeat
22009	invalid_time_zone_displacement_value
2200C	invalid_use_of_escape_character
2200G	most_specific_type_mismatch
22004	null_value_not_allowed
22002	null_value_no_indicator_parameter
22003	numeric_value_out_of_range
2200H	sequence_generator_limit_exceeded
22026	string_data_length_mismatch
22001	string_data_right_truncation
22011	substring_error
22027	trim_error
22024	unterminated_c_string
2200F	zero_length_character_string
22P01	floating_point_exception
22P02	invalid_text_representation
22P03	invalid_binary_representation

Код ошибки	Имя условия
22P04	bad_copy_file_format
22P05	untranslatable_character
2200L	not_an_xml_document
2200M	invalid_xml_document
2200N	invalid_xml_content
2200S	invalid_xml_comment
2200T	invalid_xml_processing_instruction
Класс 23 — Нарушение ограничения целостности	
23000	integrity_constraint_violation
23001	restrict_violation
23502	not_null_violation
23503	foreign_key_violation
23505	unique_violation
23514	check_violation
23P01	exclusion_violation
Класс 24 — Неверное состояние курсора	
24000	invalid_cursor_state
Класс 25 — Неверное состояние транзакции	
25000	invalid_transaction_state
25001	active_sql_transaction
25002	branch_transaction_already_active
25008	held_cursor_requires_same_isolation_level
25003	inappropriate_access_mode_for_branch_transaction
25004	inappropriate_isolation_level_for_branch_transaction
25005	no_active_sql_transaction_for_branch_transaction
25006	read_only_sql_transaction
25007	schema_and_data_statement_mixing_not_supported
25P01	no_active_sql_transaction
25P02	in_failed_sql_transaction
25P03	idle_in_transaction_session_timeout
Класс 26 — Неверное имя SQL-оператора	
26000	invalid_sql_statement_name
Класс 27 — Нарушение при изменении данных в триггере	
27000	triggered_data_change_violation
Класс 28 — Неверное указание авторизации	
28000	invalid_authorization_specification

Код ошибки	Имя условия
28P01	invalid_password
Класс 2B — Зависимые описания привилегий всё ещё существуют	
2B000	dependent_privilege_descriptors_still_exist
2BP01	dependent_objects_still_exist
Класс 2D — Неверное завершение транзакции	
2D000	invalid_transaction_termination
Класс 2F — Исключение в подпрограмме SQL	
2F000	sql_routine_exception
2F005	function_executed_no_return_statement
2F002	modifying_sql_data_not_permitted
2F003	prohibited_sql_statement_attempted
2F004	reading_sql_data_not_permitted
Класс 34 — Неверное имя курсора	
34000	invalid_cursor_name
Класс 38 — Исключение во внешней подпрограмме	
38000	external_routine_exception
38001	containing_sql_not_permitted
38002	modifying_sql_data_not_permitted
38003	prohibited_sql_statement_attempted
38004	reading_sql_data_not_permitted
Класс 39 — Исключение при вызове внешней подпрограммы	
39000	external_routine_invocation_exception
39001	invalid_sqlstate_returned
39004	null_value_not_allowed
39P01	trigger_protocol_violated
39P02	srf_protocol_violated
39P03	event_trigger_protocol_violated
Класс 3B — Исключение точки сохранения	
3B000	savepoint_exception
3B001	invalid_savepoint_specification
Класс 3D — Неверное имя каталога	
3D000	invalid_catalog_name
Класс 3F — Неверное имя схемы	
3F000	invalid_schema_name
Класс 40 — Откат транзакции	
40000	transaction_rollback
40002	transaction_integrity_constraint_violation
40001	serialization_failure
40003	statement_completion_unknown

Код ошибки	Имя условия
40P01	deadlock_detected
Класс 42 — Ошибка синтаксиса или нарушение правила доступа	
42000	syntax_error_or_access_rule_violation
42601	syntax_error
42501	insufficient_privilege
42846	cannot_coerce
42803	grouping_error
42P20	windowing_error
42P19	invalid_recursion
42830	invalid_foreign_key
42602	invalid_name
42622	name_too_long
42939	reserved_name
42804	datatype_mismatch
42P18	indeterminate_datatype
42P21	collation_mismatch
42P22	indeterminate_collation
42809	wrong_object_type
428C9	generated_always
42703	undefined_column
42883	undefined_function
42P01	undefined_table
42P02	undefined_parameter
42704	undefined_object
42701	duplicate_column
42P03	duplicate_cursor
42P04	duplicate_database
42723	duplicate_function
42P05	duplicate_prepared_statement
42P06	duplicate_schema
42P07	duplicate_table
42712	duplicate_alias
42710	duplicate_object
42702	ambiguous_column
42725	ambiguous_function
42P08	ambiguous_parameter
42P09	ambiguous_alias
42P10	invalid_column_reference
42611	invalid_column_definition
42P11	invalid_cursor_definition

Код ошибки	Имя условия
42P12	invalid_database_definition
42P13	invalid_function_definition
42P14	invalid_prepared_statement_definition
42P15	invalid_schema_definition
42P16	invalid_table_definition
42P17	invalid_object_definition
Класс 44 — Нарушение WITH CHECK OPTION	
44000	with_check_option_violation
Класс 53 — Нехватка ресурсов	
53000	insufficient_resources
53100	disk_full
53200	out_of_memory
53300	too_many_connections
53400	configuration_limit_exceeded
Класс 54 — Превышение ограничения программы	
54000	program_limit_exceeded
54001	statement_too_complex
54011	too_many_columns
54023	too_many_arguments
Класс 55 — Объект не в требуемом состоянии	
55000	object_not_in_prerequisite_state
55006	object_in_use
55P02	cant_change_runtime_param
55P03	lock_not_available
Класс 57 — Вмешательство оператора	
57000	operator_intervention
57014	query_canceled
57P01	admin_shutdown
57P02	crash_shutdown
57P03	cannot_connect_now
57P04	database_dropped
Класс 58 — Ошибка системы (ошибка, внешняя по отношению к PostgreSQL)	
58000	system_error
58030	io_error
58P01	undefined_file
58P02	duplicate_file
Класс 72 — Ошибка снимка	
72000	snapshot_too_old
Класс F0 — Ошибка файла конфигурации	
F0000	config_file_error

Код ошибки	Имя условия
F0001	lock_file_exists
Класс HV — Ошибка обёртки сторонних данных (SQL/MED)	
HV000	fdw_error
HV005	fdw_column_name_not_found
HV002	fdw_dynamic_parameter_value_needed
HV010	fdw_function_sequence_error
HV021	fdw_inconsistent_descriptor_information
HV024	fdw_invalid_attribute_value
HV007	fdw_invalid_column_name
HV008	fdw_invalid_column_number
HV004	fdw_invalid_data_type
HV006	fdw_invalid_data_type_descriptors
HV091	fdw_invalid_descriptor_field_identifier
HV00B	fdw_invalid_handle
HV00C	fdw_invalid_option_index
HV00D	fdw_invalid_option_name
HV090	fdw_invalid_string_length_or_buffer_length
HV00A	fdw_invalid_string_format
HV009	fdw_invalid_use_of_null_pointer
HV014	fdw_too_many_handles
HV001	fdw_out_of_memory
HV00P	fdw_no_schemas
HV00J	fdw_option_name_not_found
HV00K	fdw_reply_handle
HV00Q	fdw_schema_not_found
HV00R	fdw_table_not_found
HV00L	fdw_unable_to_create_execution
HV00M	fdw_unable_to_create_reply
HV00N	fdw_unable_to_establish_connection
Класс P0 — Ошибка PL/pgSQL	
P0000	plpgsql_error
P0001	raise_exception
P0002	no_data_found
P0003	too_many_rows
P0004	assert_failure
Класс XX — Внутренняя ошибка	
XX000	internal_error
XX001	data_corrupted

Код ошибки	Имя условия
XX002	index_corrupted

Приложение В. Поддержка даты и времени

PostgreSQL использует внутренний эвристический анализатор для поддержки всех значений даты и времени. Дата и время вводятся как строки и разделяются на различные поля, при этом предварительно определяется, какого рода информация содержится в конкретном поле. Каждое поле интерпретируется и получает числовое значение, игнорируется или отклоняется. Анализатор содержит внутренние справочные таблицы для текстовых полей, включая месяцы, дни недели и часовые пояса.

Данное приложение включает информацию о содержании справочных таблиц и описывает этапы, необходимые анализатору для распознавания даты и времени.

В.1. Интерпретация данных даты и времени

Все значения даты и времени расшифровываются при помощи следующей процедуры.

1. Разделить входную строку на фрагменты и определить каждый фрагмент как строку, время, часовой пояс или цифру.
 - a. Если числовой фрагмент содержит двоеточие (:), значит эта строка представляет время. Включаются все последующие цифры и двоеточия.
 - b. Если числовой фрагмент содержит тире (-), косую черту (/) или две и более точек (.), то это строка даты, которая, возможно, включает название месяца. Если фрагмент даты уже встречался, он интерпретируется как название часового пояса (например, `America/New_York`).
 - c. Если этот фрагмент является лишь числом, он представляет собой отдельное поле или составную дату ISO 8601 (например, `19990113` для 13 января 1999 года) или время (например, `141516` для `14:15:16`).
 - d. Если фрагмент начинается с плюса (+) или минуса (-), то это или числовой часовой пояс или специальное поле.
2. Если фрагмент является текстовой строкой, сопоставить его с возможными строками:
 - a. Выполнить двоичный поиск в справочной таблице соответствующего фрагмента в виде аббревиатуры часового пояса.
 - b. Если фрагмент не найден, выполнить подобный просмотр в таблице двоичного поиска, чтобы определить фрагмент как специальную строку (например, `today`), день (например, `Thursday`), месяц (например, `January`) или неучитываемое слово (например, `at`, `on`).
 - c. Если фрагмент всё же не найден, выдать ошибку.
3. Когда фрагмент является числом или числовым полем:
 - a. Если получено восемь или шесть цифр и никакое другое поле даты ранее не было прочитано, интерпретировать их как «составленную дату» (например, `19990118` или `990118`). Такая дата интерпретируется как ГГГГММДД или ГГММДД.
 - b. Если фрагмент представляет собой трёхзначное число, и год уже был прочитан, интерпретировать как день года.
 - c. Если это четыре или шесть цифр и год уже был прочитан, интерпретировать как время (ЧЧММ или ЧЧММСС).
 - d. Если найдены три или более цифр, а поля даты ещё не были найдены, интерпретировать как год (это ведёт к установке порядка ГГ-ММ-ДД для оставшихся полей даты).

- е. В противном случае подразумевается, что порядок сортировки полей даты определяется значением `DateStyle`: мм-дд-гг, дд-мм-гг или гг-мм-дд. Выдать ошибку, если оказалось, что поле месяца или дня вышло за пределы диапазона.
4. Если указан год до н. э., отнять год и добавить единицу для внутреннего хранения. (В григорианском календаре отсутствует нулевой год, поэтому 1 год до н. э. становится нулевым.)
5. Если год до н. э. не был указан, и если поле года имело два разряда, установить для записи года четыре разряда. Если поле меньше 70, добавить 2000, в противном случае добавить 1900.

Подсказка

Годы с 1 по 99 н. э. по григорианскому календарю могут вводиться при помощи четырёхзначного числа с начальными нулями (например, 0099 это год 99 н. э.).

В.2. Ключевые слова для обозначения даты и времени

Таблица В.1 показывает фрагменты, которые распознаются как названия месяцев.

Таблица В.1. Названия месяцев

Месяц	Аббревиатуры
January	Jan
February	Feb
March	Mar
April	Apr
May	
June	Jun
July	Jul
August	Aug
September	Sep, Sept
October	Oct
November	Nov
December	Dec

Таблица В.2 показывает фрагменты, которые распознаются как названия дней недели.

Таблица В.2. Названия дней недели

День	Аббревиатуры
Sunday	Sun
Monday	Mon
Tuesday	Tue, Tues
Wednesday	Wed, Weds
Thursday	Thu, Thur, Thurs
Friday	Fri
Saturday	Sat

Таблица В.3 показывает фрагменты, которые выполняют различные функции модификаторов.

Таблица В.3. Модификаторы поля даты/времени

Идентификатор	Описание
AM	Время до 12:00
AT	игнорируется
JULIAN, JD, J	Следующее поле является юлианской датой
ON	игнорируется
PM	Время 12:00 и более позднее
T	Следующее поле указывает на время

В.3. Файлы конфигурации даты/времени

Поскольку аббревиатуры часовых поясов недостаточно стандартизированы, PostgreSQL предлагает средства для определения набора аббревиатур, принимаемых сервером. Параметром выполнения `timezone_abbreviations` определяется активный набор аббревиатур. Хотя данный параметр может быть изменён любым пользователем базы данных, возможные значения для него контролируются администратором базы данных и являются именами конфигурационных файлов, хранящихся в `.../share/timezonesets/` каталога установки. Добавляя или изменяя файлы в этом каталоге, администратор может определить местную специфику выбора аббревиатур часовых поясов.

Значение `timezone_abbreviations` может быть установлено в любое имя файла, находящегося в `.../share/timezonesets/`, если имя файла состоит только из букв. (Запрет на использование небуквенных символов в `timezone_abbreviations` делает невозможным чтение файлов, находящихся вне заданного каталога, а также резервных файлов редактора и прочих внешних файлов.)

Файл аббревиатур часовых поясов может содержать пустые строки и комментарии, начинающиеся с `#`. Строки, не имеющие комментариев, должны иметь один из следующих форматов:

```
аббревиатура_пояса смещение
аббревиатура_пояса смещение D
аббревиатура_пояса имя_часового_пояса
@INCLUDE имя_файла
@OVERRIDE
```

Поле `аббревиатура_пояса` лишь задаёт определяемую аббревиатуру. *Смещение* — это целое число, задающее эквивалентное смещение от UTC в секундах, положительное — к востоку от Гринвичского меридиана, а отрицательное — к западу. Например, `-18000` означало бы пять часов к западу от Гринвича, или Североамериканское восточное время. `D` указывает, что название пояса представляет местное летнее, а не поясное время.

В качестве альтернативы может быть задано `имя_часового_пояса`, определённое в базе данных часовых поясов IANA. В этом случае система обращается к определению пояса, чтобы выяснить, используется или использовалась ли аббревиатура для этого пояса, и если да, действовать будет соответствующее значение — то есть, значение, действовавшее в указанный момент времени, или действовавшее непосредственно перед ним, если текущее на тот момент неизвестно, либо самое старое значение, если первое определение появилось после этого момента. Это поведение важно для тех аббревиатур, значение которых менялось в ходе истории. Также допускается определение аббревиатуры через имя часового пояса, с которым эта аббревиатура не связана; в таком случае использование аббревиатуры равнозначно написанию просто имени пояса.

Подсказка

Простое целочисленное *смещение* предпочтительнее использовать, когда определяется аббревиатура, смещение которой от UTC никогда не менялось, так как обрабатывать подобные аббревиатуры гораздо легче, чем те, что требуют обращения к определению часового пояса.

Использование `@INCLUDE` позволяет включить другой файл в каталоге `.../share/timezonesets/`. Включение может быть вложенным до ограниченной глубины.

Использование `@OVERRIDE` указывает, что последующие записи в файле могут переопределять предыдущие (как правило, это записи, полученные из включённых файлов). Без этого указания конфликтующие определения аббревиатуры одного и того же часового пояса считаются ошибкой.

При установке без внесения изменений, файл `Default` содержит все неконфликтующие аббревиатуры часовых поясов для большей части земного шара. Дополнительные файлы `Australia` и `India` предоставляются для данных регионов. Эти файлы сначала включают файл `Default`, а затем добавляют и изменяют аббревиатуры по мере необходимости.

В качестве справочной информации стандартная установка также содержит файлы `Africa.txt`, `America.txt` и т. д., содержащие информацию о каждой используемой аббревиатуре часового пояса, включённой в базу данных часовых поясов IANA. Определения названий часовых поясов, находящиеся в этих файлах, можно копировать и помещать в файл с нестандартной конфигурацией по мере необходимости. Заметьте, что данные файлы нельзя указывать непосредственно в значении `timezone_abbreviations`, так как их имена включают точку.

Примечание

Если при чтении набора аббревиатур часовых поясов возникает ошибка, новое значение не применяется и сохраняется старый набор. Если ошибка возникает при запуске базы данных, происходит сбой.

Внимание

Аббревиатуры часового пояса, определённые в файле конфигурации, переопределяют не относящиеся к часовому поясу значения, встроенные в PostgreSQL. Например, файл конфигурации `Australia` определяет `SAT` (для Южноавстралийского стандартного времени, *South Australian Standard Time*). Когда этот файл активен, `SAT` не будет распознаваться как сокращение слова "суббота".

Внимание

Если вы модифицируете файлы в `.../share/timezonesets/`, вы можете сами выполнить резервное копирование, так как обычный дамп базы данных не содержит этот каталог.

В.4. История единиц измерения времени

Стандарт SQL устанавливает, что «В определении „литерала типа дата-время“, „значения типа дата-время“ ограничены естественными правилами, касающимися дат и времени согласно григорианскому календарю». Следуя стандарту SQL, PostgreSQL подсчитывает даты исключительно в григорианском календаре, включая годы, когда этот календарь ещё не использовался. Это правило известно как *пролептический григорианский календарь*.

Юлианский календарь был введён Юлием Цезарем в 45 г. до н. э. Он широко использовался западной цивилизацией до 1582 года, когда страны начали переходить на григорианский календарь. В юлианском календаре тропический год длится приблизительно $365 \frac{1}{4}$ дня = 365,25 дня. Каждые 128 лет накапливается примерно 1 день.

Накапливающаяся погрешность побудила папу Григория XIII реформировать календарь в соответствии с постановлениями Тридентского собора. В григорианском календаре тропический год длит-

ся приблизительно $365 + 97 / 400$ дней = 365,2425 дней. Таким образом, погрешность в один день тропического года накапливается примерно за 3300 лет.

Приблизительное число $365 + 97 / 400$ получается из-за того, что из каждых 400 лет 97 високосные. При этом действуют следующие правила:

Каждый год кратный 4 является високосным.

Однако каждый год кратный 100 не является високосным.

Тем не менее, каждый год кратный 400 всё же является високосным.

Таким образом, 1700, 1800, 1900, 2100 и 2200 не являются високосными годами. Но 1600, 2000 и 2400 — високосные. А в юлианском календаре високосными считаются все годы, кратные 4.

Папская булла, изданная в феврале 1582 года, предписывала сделать октябрь 1582 года на 10 дней короче, чтобы 15 октября следовало сразу за 4 октября. Это правило соблюдалось в Италии, Польше, Португалии и Испании. Вскоре к ним присоединились и прочие католические страны, но протестантские страны вводили эти изменения неохотно, а страны греческой православной церкви не переходили на новый календарь до начала 20 века. В 1752 г. реформа была проведена в Великобритании и её доминионах (включая территорию сегодняшних Соединённых Штатов Америки). Таким образом, за 2 сентября 1752 года следовало 14 сентября 1752 года. Поэтому в системах Unix программа `cal` выводит следующее:

```
$ cal 9 1752
    September 1752
S  M Tu  W Th  F  S
      1  2 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 29 30
```

Но этот календарь действует только в Великобритании и доминионах. В других местах он является недействительным. Чтобы избежать сложностей и возможной путаницы при отслеживании календарей, которыми фактически пользовались в различных местах в разное время, PostgreSQL применяет правила григорианского календаря ко всем датам, даже если это нарушает историческую достоверность.

Разные календари были составлены в различных частях земного шара, многие из них до григорианской системы. Например, появление китайского календаря относится к 14 веку до н. э. Легенда гласит, что император Хуан-ди изобрёл этот календарь в 2637 г. до н. э. В Китайской Народной Республике григорианский календарь используется для официальных и коммерческих нужд. Китайский календарь используется для определения дат традиционных праздников.

Юлианский период является ещё одним типом календаря. Он не имеет отношения к юлианскому календарю, несмотря на схожие названия. Данный способ измерения времени был изобретён французским учёным Жозефом Жюстом Скалигером (1540-1609) и так назван, вероятно, в честь отца Скалигера, итальянского учёного Юлия Цезаря Скалигера (1484-1558). В юлианском периоде, каждый день имеет порядковый номер, начиная с 0 (иногда его называют *юлианская дата* или JD 0). Первый день имеет номер 0 и соответствует 1 января 4713 г. до н. э. по юлианскому календарю или 24 ноября 4714 г. до н. э. по григорианскому календарю. Юлианская дата чаще всего используется в астрономических расчётах для записи ночных наблюдений, и поэтому день длится от полудня до полудня UTC, а не с полуночи до полуночи: Первый юлианский день (JD 0) обозначает 24 часа от полудня UTC 24 ноября 4714 г. до н. э. до полудня UTC 25 ноября 4714 г. до н. э.

Хотя PostgreSQL поддерживает юлианскую дату для записи входных и выходных дат (а также, использует юлианские даты для некоторых внутренних вычислений в формате дата-время), полдень не считается началом суток. PostgreSQL рассматривает юлианский день как длящийся от полуночи до полуночи.

Приложение С. Ключевые слова SQL

В Таблице С.1 перечислены все слова, которые являются ключевыми в стандарте SQL и в PostgreSQL 11.1. Общее описание ключевых слов можно найти в Подразделе 4.1.1. (Для экономии места в таблицу включены только две последние версии стандарта SQL и SQL-92 для исторического сравнения. Отличия между ними и другими промежуточными версиями стандарта невелики.)

В SQL есть различие между *зарезервированными* и *незарезервированными* ключевыми словами. Согласно стандарту, действительно ключевыми словами являются только зарезервированные слова; они не могут быть идентификаторами. Незарезервированные ключевые слова имеют особое значение только в определённых контекстах и могут быть идентификаторами в других. Большинство незарезервированных ключевых слов на самом деле представляют имена встроенных таблиц и функций, определённых в SQL. Концепция незарезервированных ключевых слов собственно введена только для того, чтобы показать, что эти слова имеют некоторое предопределённое значение в отдельных контекстах.

В PostgreSQL анализатор SQL сталкивается с дополнительными сложностями. Ему приходится иметь дело с несколькими различными классами элементов языка, начиная с тех, что никогда не могут использоваться как идентификаторы, и заканчивая теми, что не имеют никаких особых отличий от обычных идентификаторов. (Последнее обычно относится к функциям, описанным в SQL.) Даже зарезервированные ключевые слова не полностью зарезервированы в PostgreSQL, а могут использоваться в качестве меток столбцов (например, можно написать `SELECT 55 AS CHECK`, хотя `CHECK` и является зарезервированным ключевым словом).

В Таблице С.1, в столбце PostgreSQL мы даём пометку «не зарезервировано» тем ключевым словам, которые явно известны анализатору запросов, но их можно использовать в качестве имени столбца или таблицы. Некоторые ключевые слова, которые недопустимы в качестве имени функции или типа данных, но в остальном не отличаются от незарезервированных слов, помечены соответственно. (Большинство из этих слов представляют встроенные функции или типы данных со специальным синтаксисом. Функции или типы с таким именем существуют, но пользователь не может их переопределить.) Метка «зарезервировано» даётся тем словам, которые не могут быть именами столбцов или таблиц. Некоторые зарезервированные ключевые слова могут быть именами функций или типов данных; это также отмечается в таблице. Если такой пометки нет, зарезервированное слово допускается только в качестве метки столбца «AS».

Вообще, если вы сталкиваетесь с разнообразными ошибками разбора команд, содержащих в качестве идентификаторов какие-либо из перечисленных ключевых слов, попробуйте для решения проблемы заключить идентификатор в кавычки.

Изучая Таблицу С.1, важно понимать, что отсутствие какого-либо ключевого слова в списке зарезервированных в PostgreSQL не означает, что функциональность, связанная с этим словом, не реализована. И наоборот, присутствие ключевого слова не обязательно говорит о наличии соответствующей функциональности.

Таблица С.1. Ключевые слова SQL

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
A		не зарезервировано	не зарезервировано	
ABORT	не зарезервировано			
ABS		зарезервировано	зарезервировано	
ABSENT		не зарезервировано	не зарезервировано	
ABSOLUTE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
ACCESS	не зарезервировано			
ACCORDING		не зарезервировано	не зарезервировано	
ACTION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
ADA		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
ADD	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
ADMIN	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
AFTER	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
AGGREGATE	не зарезервировано			
ALL	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ALLOCATE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ALSO	не зарезервировано			
ALTER	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ALWAYS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ANALYSE	зарезервировано			
ANALYZE	зарезервировано			
AND	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ANY	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ARE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ARRAY	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
ARRAY_AGG		зарезервировано	зарезервировано	
ARRAY_MAX_CARDINALITY		зарезервировано		
AS	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ASC	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
ASENSITIVE		зарезервировано	зарезервировано	
ASSERTION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
ASSIGNMENT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ASYMMETRIC	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
AT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ATOMIC		зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
ATTACH	не зарезервировано			
ATTRIBUTE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ATTRIBUTES		не зарезервировано	не зарезервировано	
AUTHORIZATION	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
AVG		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
BACKWARD	не зарезервировано			
BASE64		не зарезервировано	не зарезервировано	
BEFORE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
BEGIN	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
BEGIN_FRAME		зарезервировано		
BEGIN_PARTITION		зарезервировано		
BERNOULLI		не зарезервировано	не зарезервировано	
BETWEEN	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
BIGINT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
BINARY	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
BIT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)			зарезервировано
BIT_LENGTH				зарезервировано
BLOB		зарезервировано	зарезервировано	
BLOCKED		не зарезервировано	не зарезервировано	
BOM		не зарезервировано	не зарезервировано	
BOOLEAN	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
BOTH	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
BREADTH		не зарезервировано	не зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
BY	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
C		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CACHE	не зарезервировано			
CALL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
CALLED	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
CARDINALITY		зарезервировано	зарезервировано	
CASCADE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
CASCADED	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CASE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CAST	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CATALOG	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
CATALOG_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CEIL		зарезервировано	зарезервировано	
CEILING		зарезервировано	зарезервировано	
CHAIN	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
CHAR	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CHARACTER	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CHARACTERISTICS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
CHARACTERS		не зарезервировано	не зарезервировано	
CHARACTER_LENGTH		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CHARACTER_SET_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CHARACTER_SET_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CHARACTER_SET_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CHAR_LENGTH		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CHECK	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
CHECKPOINT	не зарезервировано			
CLASS	не зарезервировано			
CLASS_ORIGIN		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CLOB		зарезервировано	зарезервировано	
CLOSE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CLUSTER	не зарезервировано			
COALESCE	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COBOL		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COLLATE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COLLATION	зарезервировано (не допускается функция или тип)	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
COLLATION_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COLLATION_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COLLATION_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COLLECT		зарезервировано	зарезервировано	
COLUMN	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COLUMNS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
COLUMN_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COMMAND_FUNCTION		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
COMMAND_FUNCTION_CODE		не зарезервировано	не зарезервировано	
COMMENT	не зарезервировано			
COMMENTS	не зарезервировано			
COMMIT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COMMITTED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONCURRENTLY	зарезервировано (не допускается функция или тип)			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
CONDITION		зарезервировано	зарезервировано	
CONDITION_ NUMBER		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONFIGURATION	не зарезервировано			
CONFLICT	не зарезервировано			
CONNECT		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CONNECTION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
CONNECTION_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONSTRAINT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CONSTRAINTS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
CONSTRAINT_ CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONSTRAINT_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONSTRAINT_ SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CONSTRUCTOR		не зарезервировано	не зарезервировано	
CONTAINS		зарезервировано	не зарезервировано	
CONTENT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
CONTINUE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
CONTROL		не зарезервировано	не зарезервировано	
CONVERSION	не зарезервировано			
CONVERT		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COPY	не зарезервировано			
CORR		зарезервировано	зарезервировано	
CORRESPONDING		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COST	не зарезервировано			
COUNT		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
COVAR_POP		зарезервировано	зарезервировано	
COVAR_SAMP		зарезервировано	зарезервировано	
CREATE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
CROSS	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CSV	не зарезервировано			
CUBE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
CUME_DIST		зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURRENT_CATALOG	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_DATE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURRENT_DEFAULT_TRANSFORM_GROUP		зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_PATH		зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_ROLE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_ROW		зарезервировано		
CURRENT_SCHEMA	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_TIME	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURRENT_TIMESTAMP	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURRENT_TRANSFORM_GROUP_FOR_TYPE		зарезервировано	зарезервировано	
CURRENT_USER	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURSOR	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
CURSOR_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
CYCLE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
DATA	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
DATABASE	не зарезервировано			
DATALINK		зарезервировано	зарезервировано	
DATE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DATETIME_INTERVAL_CODE		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
DATETIME_ INTERVAL_ PRECISION		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
DAY	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DB		не зарезервировано	не зарезервировано	
DEALLOCATE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DEC	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DECIMAL	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DECLARE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DEFAULT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DEFAULTS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
DEFERRABLE	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DEFERRED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DEFINED		не зарезервировано	не зарезервировано	
DEFINER	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
DEGREE		не зарезервировано	не зарезервировано	
DELETE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DELIMITER	не зарезервировано			
DELIMITERS	не зарезервировано			
DENSE_RANK		зарезервировано	зарезервировано	
DEPENDS	не зарезервировано			
DEPTH		не зарезервировано	не зарезервировано	
DEREF		зарезервировано	зарезервировано	
DERIVED		не зарезервировано	не зарезервировано	
DESC	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DESCRIBE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
DESCRIPTOR		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DETACH	не зарезервировано			
DETERMINISTIC		зарезервировано	зарезервировано	
DIAGNOSTICS		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DICTIONARY	не зарезервировано			
DISABLE	не зарезервировано			
DISCARD	не зарезервировано			
DISCONNECT		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DISPATCH		не зарезервировано	не зарезервировано	
DISTINCT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DLNEWCOPY		зарезервировано	зарезервировано	
DLPREVIOUSCOPY		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLCOMPLETE		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLCOMPLETEONLY		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLCOMPLETEWRITE		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLPATH		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLPATHONLY		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLPATHWRITE		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLSCHEME		зарезервировано	зарезервировано	
DLURLSERVER		зарезервировано	зарезервировано	
DLVALUE		зарезервировано	зарезервировано	
DO	зарезервировано			
DOCUMENT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
DOMAIN	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
DOUBLE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DROP	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
DYNAMIC		зарезервировано	зарезервировано	
DYNAMIC_FUNCTION		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
DYNAMIC_FUNCTION_CODE		не зарезервировано	не зарезервировано	
EACH	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
ELEMENT		зарезервировано	зарезервировано	
ELSE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EMPTY		не зарезервировано	не зарезервировано	
ENABLE	не зарезервировано			
ENCODING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ENCRYPTED	не зарезервировано			
END	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
END-EXEC		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
END_FRAME		зарезервировано		
END_PARTITION		зарезервировано		
ENFORCED		не зарезервировано		
ENUM	не зарезервировано			
EQUALS		зарезервировано	не зарезервировано	
ESCAPE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EVENT	не зарезервировано			
EVERY		зарезервировано	зарезервировано	
EXCEPT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EXCEPTION				зарезервировано
EXCLUDE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
EXCLUDING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
EXCLUSIVE	не зарезервировано			
EXEC		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EXECUTE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EXISTS	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EXP		зарезервировано	зарезервировано	
EXPLAIN	не зарезервировано			
EXPRESSION		не зарезервировано		

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
EXTENSION	не зарезервировано			
EXTERNAL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
EXTRACT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FALSE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FAMILY	не зарезервировано			
FETCH	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FILE		не зарезервировано	не зарезервировано	
FILTER	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
FINAL		не зарезервировано	не зарезервировано	
FIRST	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
FIRST_VALUE		зарезервировано	зарезервировано	
FLAG		не зарезервировано	не зарезервировано	
FLOAT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FLOOR		зарезервировано	зарезервировано	
FOLLOWING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
FOR	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FORCE	не зарезервировано			
FOREIGN	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FORTRAN		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
FORWARD	не зарезервировано			
FOUND		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
FRAME_ROW		зарезервировано		
FREE		зарезервировано	зарезервировано	
FREEZE	зарезервировано (допускается функция или тип)			
FROM	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FS		не зарезервировано	не зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
FULL	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
FUNCTION	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
FUNCTIONS	не зарезервировано			
FUSION		зарезервировано	зарезервировано	
G		не зарезервировано	не зарезервировано	
GENERAL		не зарезервировано	не зарезервировано	
GENERATED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
GET		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
GLOBAL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
GO		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
GOTO		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
GRANT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
GRANTED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
GREATEST	не зарезервировано (не допускается функция или тип)			
GROUP	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
GROUPING	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
GROUPS	не зарезервировано	зарезервировано		
HANDLER	не зарезервировано			
HAVING	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
HEADER	не зарезервировано			
HEX		не зарезервировано	не зарезервировано	
HIERARCHY		не зарезервировано	не зарезервировано	
HOLD	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
HOURL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
ID		не зарезервировано	не зарезервировано	
IDENTITY	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
IF	не зарезервировано			
IGNORE		не зарезервировано	не зарезервировано	
ILIKE	зарезервировано (допускается функция или тип)			
IMMEDIATE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
IMMEDIATELY		не зарезервировано		
IMMUTABLE	не зарезервировано			
IMPLEMENTATION		не зарезервировано	не зарезервировано	
IMPLICIT	не зарезервировано			
IMPORT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
IN	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INCLUDE	не зарезервировано			
INCLUDING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
INCREMENT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
INDENT		не зарезервировано	не зарезервировано	
INDEX	не зарезервировано			
INDEXES	не зарезервировано			
INDICATOR		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INHERIT	не зарезервировано			
INHERITS	не зарезервировано			
INITIALLY	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
INLINE	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
INNER	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INOUT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
INPUT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
INSENSITIVE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INSERT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INSTANCE		не зарезервировано	не зарезервировано	
INSTANTIABLE		не зарезервировано	не зарезервировано	
INSTEAD	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
INT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INTEGER	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INTEGRITY		не зарезервировано	не зарезервировано	
INTERSECT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INTERSECTION		зарезервировано	зарезервировано	
INTERVAL	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INTO	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
INVOKER	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
IS	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ISNULL	зарезервировано (допускается функция или тип)			
ISOLATION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
JOIN	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
K		не зарезервировано	не зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
KEY	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
KEY_MEMBER		не зарезервировано	не зарезервировано	
KEY_TYPE		не зарезервировано	не зарезервировано	
LABEL	не зарезервировано			
LAG		зарезервировано	зарезервировано	
LANGUAGE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
LARGE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
LAST	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
LAST_VALUE		зарезервировано	зарезервировано	
LATERAL	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
LEAD		зарезервировано	зарезервировано	
LEADING	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
LEAKPROOF	не зарезервировано			
LEAST	не зарезервировано (не допускается функция или тип)			
LEFT	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
LENGTH		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
LEVEL	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
LIBRARY		не зарезервировано	не зарезервировано	
LIKE	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
LIKE_REGEX		зарезервировано	зарезервировано	
LIMIT	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
LINK		не зарезервировано	не зарезервировано	
LISTEN	не зарезервировано			
LN		зарезервировано	зарезервировано	
LOAD	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
LOCAL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
LOCALTIME	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
LOCALTIMESTAMP	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
LOCATION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
LOCATOR		не зарезервировано	не зарезервировано	
LOCK	не зарезервировано			
LOCKED	не зарезервировано			
LOGGED	не зарезервировано			
LOWER		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
M		не зарезервировано	не зарезервировано	
MAP		не зарезервировано	не зарезервировано	
MAPPING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
MATCH	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MATCHED		не зарезервировано	не зарезервировано	
MATERIALIZED	не зарезервировано			
MAX		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MAXVALUE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
MAX_CARDINALITY			зарезервировано	
MEMBER		зарезервировано	зарезервировано	
MERGE		зарезервировано	зарезервировано	
MESSAGE_LENGTH		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
MESSAGE_OCTET_LENGTH		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
MESSAGE_TEXT		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
METHOD	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
MIN		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MINUTE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MINVALUE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
MOD		зарезервировано	зарезервировано	
MODE	не зарезервировано			
MODIFIES		зарезервировано	зарезервировано	
MODULE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MONTH	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
MORE		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
MOVE	не зарезервировано			
MULTISET		зарезервировано	зарезервировано	
MUMPS		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
NAME	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
NAMES	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
NAMESPACE		не зарезервировано	не зарезервировано	
NATIONAL	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NATURAL	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NCHAR	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NCLOB		зарезервировано	зарезервировано	
NESTING		не зарезервировано	не зарезервировано	
NEW	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
NEXT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
NFC		не зарезервировано	не зарезервировано	
NFD		не зарезервировано	не зарезервировано	
NFKC		не зарезервировано	не зарезервировано	
NFKD		не зарезервировано	не зарезервировано	
NIL		не зарезервировано	не зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
NO	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NONE	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
NORMALIZE		зарезервировано	зарезервировано	
NORMALIZED		не зарезервировано	не зарезервировано	
NOT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NOTHING	не зарезервировано			
NOTIFY	не зарезервировано			
NOTNULL	зарезервировано (допускается функция или тип)			
NOWAIT	не зарезервировано			
NTH_VALUE		зарезервировано	зарезервировано	
NTILE		зарезервировано	зарезервировано	
NULL	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NULLABLE		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
NULLIF	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
NULLS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
NUMBER		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
NUMERIC	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OBJECT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OCCURRENCES_REGEX		зарезервировано	зарезервировано	
OCTETS		не зарезервировано	не зарезервировано	
OCTET_LENGTH		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OF	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OFF	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OFFSET	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
OIDS	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
OLD	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
ON	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ONLY	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OPEN		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OPERATOR	не зарезервировано			
OPTION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
OPTIONS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OR	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ORDER	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ORDERING		не зарезервировано	не зарезервировано	
ORDINALITY	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OTHERS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OUT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
OUTER	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OUTPUT		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
OVER	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
OVERLAPS	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
OVERLAY	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
OVERRIDING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
OWNED	не зарезервировано			
OWNER	не зарезервировано			
P		не зарезервировано	не зарезервировано	
PAD		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PARALLEL	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
PARAMETER		зарезервировано	зарезервировано	
PARAMETER_MODE		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARAMETER_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARAMETER_ORDINAL_POSITION		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARAMETER_SPECIFIC_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARAMETER_SPECIFIC_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARAMETER_SPECIFIC_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
PARSER	не зарезервировано			
PARTIAL	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PARTITION	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
PASCAL		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
PASSING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
PASSTHROUGH		не зарезервировано	не зарезервировано	
PASSWORD	не зарезервировано			
PATH		не зарезервировано	не зарезервировано	
PERCENT		зарезервировано		
PERCENTILE_CONT		зарезервировано	зарезервировано	
PERCENTILE_DISC		зарезервировано	зарезервировано	
PERCENT_RANK		зарезервировано	зарезервировано	
PERIOD		зарезервировано		
PERMISSION		не зарезервировано	не зарезервировано	
PLACING	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
PLANS	не зарезервировано			
PLI		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
POLICY	не зарезервировано			
PORTION		зарезервировано		
POSITION	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
POSITION_REGEX		зарезервировано	зарезервировано	
POWER		зарезервировано	зарезервировано	
PRECEDES		зарезервировано		
PRECEDING	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
PRECISION	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
PREPARE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
PREPARED	не зарезервировано			
PRESERVE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PRIMARY	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
PRIOR	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PRIVILEGES	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PROCEDURAL	не зарезервировано			
PROCEDURE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
PROCEDURES	не зарезервировано			
PROGRAM	не зарезервировано			
PUBLIC		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
PUBLICATION	не зарезервировано			
QUOTE	не зарезервировано			
RANGE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
RANK		зарезервировано	зарезервировано	
READ	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
READS		зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
REAL	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
REASSIGN	не зарезервировано			
RECHECK	не зарезервировано			
RECOVERY		не зарезервировано	не зарезервировано	
RECURSIVE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
REF	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
REFERENCES	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
REFERENCING	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
REFRESH	не зарезервировано			
REGR_AVGX		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_AVGY		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_COUNT		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_INTERCEPT		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_R2		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_SLOPE		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_SXX		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_SXY		зарезервировано	зарезервировано	
REGR_SYY		зарезервировано	зарезервировано	
REINDEX	не зарезервировано			
RELATIVE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
RELEASE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
RENAME	не зарезервировано			
REPEATABLE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
REPLACE	не зарезервировано			
REPLICA	не зарезервировано			
REQUIRING		не зарезервировано	не зарезервировано	
RESET	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
RESPECT		не зарезервировано	не зарезервировано	
RESTART	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
RESTORE		не зарезервировано	не зарезервировано	
RESTRICT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
RESULT		зарезервировано	зарезервировано	
RETURN		зарезервировано	зарезервировано	
RETURNED_CARDINALITY		не зарезервировано	не зарезервировано	
RETURNED_LENGTH		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
RETURNED_OCTET_LENGTH		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
RETURNED_SQLSTATE		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
RETURNING	зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
RETURNS	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
REVOKE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
RIGHT	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ROLE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ROLLBACK	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ROLLUP	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
ROUTINE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ROUTINES	не зарезервировано			
ROUTINE_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	
ROUTINE_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
ROUTINE_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
ROW	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
ROWS	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
ROW_COUNT		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
ROW_NUMBER		зарезервировано	зарезервировано	
RULE	не зарезервировано			
SAVEPOINT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
SCALE		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
SCHEMA	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
SCHEMAS	не зарезервировано			
SCHEMA_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
SCOPE		зарезервировано	зарезервировано	
SCOPE_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	
SCOPE_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
SCOPE_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
SCROLL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SEARCH	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
SECOND	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SECTION		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
SECURITY	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
SELECT	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SELECTIVE		не зарезервировано	не зарезервировано	
SELF		не зарезервировано	не зарезервировано	
SENSITIVE		зарезервировано	зарезервировано	
SEQUENCE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
SEQUENCES	не зарезервировано			
SERIALIZABLE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
SERVER	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
SERVER_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
SESSION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
SESSION_USER	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SET	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SETOF	не зарезервировано (не допускается функция или тип)			
SETS	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
SHARE	не зарезервировано			
SHOW	не зарезервировано			
SIMILAR	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
SIMPLE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
SIZE		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
SKIP	не зарезервировано			
SMALLINT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SNAPSHOT	не зарезервировано			
SOME	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SOURCE		не зарезервировано	не зарезервировано	
SPACE		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
SPECIFIC		зарезервировано	зарезервировано	
SPECIFICTYPE		зарезервировано	зарезервировано	
SPECIFIC_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
SQL	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SQLCODE				зарезервировано
SQLERROR				зарезервировано
SQLEXCEPTION		зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
SQLSTATE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SQLWARNING		зарезервировано	зарезервировано	
SQRT		зарезервировано	зарезервировано	
STABLE	не зарезервировано			
STANDALONE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
START	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
STATE		не зарезервировано	не зарезервировано	
STATEMENT	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
STATIC		зарезервировано	зарезервировано	
STATISTICS	не зарезервировано			
STDDEV_POP		зарезервировано	зарезервировано	
STDDEV_SAMP		зарезервировано	зарезервировано	
STDIN	не зарезервировано			
STDOUT	не зарезервировано			
STORAGE	не зарезервировано			
STRICT	не зарезервировано			
STRIP	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
STRUCTURE		не зарезервировано	не зарезервировано	
STYLE		не зарезервировано	не зарезервировано	
SUBCLASS_ORIGIN		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
SUBMULTISET		зарезервировано	зарезервировано	
SUBSCRIPTION	не зарезервировано			
SUBSTRING	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SUBSTRING_REGEX		зарезервировано	зарезервировано	
SUCCEEDS		зарезервировано		
SUM		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
SYMMETRIC	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
SYSID	не зарезервировано			
SYSTEM	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
SYSTEM_TIME		зарезервировано		
SYSTEM_USER		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
T		не зарезервировано	не зарезервировано	
TABLE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TABLES	не зарезервировано			
TABLESAMPLE	зарезервировано (допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
TABLESPACE	не зарезервировано			
TABLE_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
TEMP	не зарезервировано			
TEMPLATE	не зарезервировано			
TEMPORARY	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
TEXT	не зарезервировано			
THEN	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TIES	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
TIME	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TIMESTAMP	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TIMEZONE_HOUR		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TIMEZONE_MINUTE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TO	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TOKEN		не зарезервировано	не зарезервировано	
TOP_LEVEL_COUNT		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRAILING	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TRANSACTION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
TRANSACTIONS_COMMITTED		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRANSACTIONS_ROLLED_BACK		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRANSACTION_ACTIVE		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRANSFORM	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
TRANSFORMS		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRANSLATE		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TRANSLATE_REGEX		зарезервировано	зарезервировано	
TRANSLATION		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TREAT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
TRIGGER	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
TRIGGER_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRIGGER_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRIGGER_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
TRIM	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TRIM_ARRAY		зарезервировано	зарезервировано	
TRUE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
TRUNCATE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
TRUSTED	не зарезервировано			
TYPE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
TYPES	не зарезервировано			
UESCAPE		зарезервировано	зарезервировано	
UNBOUNDED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
UNCOMMITTED	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
UNDER		не зарезервировано	не зарезервировано	
UNENCRYPTED	не зарезервировано			

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
UNION	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
UNIQUE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
UNKNOWN	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
UNLINK		не зарезервировано	не зарезервировано	
UNLISTEN	не зарезервировано			
UNLOGGED	не зарезервировано			
UNNAMED		не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано
UNNEST		зарезервировано	зарезервировано	
UNTIL	не зарезервировано			
UNTYPED		не зарезервировано	не зарезервировано	
UPDATE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
UPPER		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
URI		не зарезервировано	не зарезервировано	
USAGE		не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
USER	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
USER_DEFINED_TYPE_CATALOG		не зарезервировано	не зарезервировано	
USER_DEFINED_TYPE_CODE		не зарезервировано	не зарезервировано	
USER_DEFINED_TYPE_NAME		не зарезервировано	не зарезервировано	
USER_DEFINED_TYPE_SCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
USING	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
VACUUM	не зарезервировано			
VALID	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
VALIDATE	не зарезервировано			
VALIDATOR	не зарезервировано			
VALUE	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
VALUES	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
VALUE_OF		зарезервировано		
VARBINARY		зарезервировано	зарезервировано	
VARCHAR	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
VARIADIC	зарезервировано			
VARYING	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
VAR_POP		зарезервировано	зарезервировано	
VAR_SAMP		зарезервировано	зарезервировано	
VERBOSE	зарезервировано (допускается функция или тип)			
VERSION	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
VERSIONING		зарезервировано		
VIEW	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
VIEWS	не зарезервировано			
VOLATILE	не зарезервировано			
WHEN	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
WHENEVER		зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
WHERE	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
WHITESPACE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
WIDTH_BUCKET		зарезервировано	зарезервировано	
WINDOW	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
WITH	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
WITHIN	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
WITHOUT	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	
WORK	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
WRAPPER	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
WRITE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано
XML	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
XMLAGG		зарезервировано	зарезервировано	
XMLATTRIBUTES	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLBINARY		зарезервировано	зарезервировано	
XMLCAST		зарезервировано	зарезервировано	
XMLCOMMENT		зарезервировано	зарезервировано	
XMLCONCAT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLDECLARATION		не зарезервировано	не зарезервировано	
XMLDOCUMENT		зарезервировано	зарезервировано	
XMLELEMENT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
MLEXISTS	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLFOREST	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLITERATE		зарезервировано	зарезервировано	
XMLNAMESPACES	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLPARSE	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLPI	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLQUERY		зарезервировано	зарезервировано	
XMLROOT	не зарезервировано (не допускается функция или тип)			
XMLSCHEMA		не зарезервировано	не зарезервировано	
XMLSERIALIZE	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLTABLE	не зарезервировано (не допускается функция или тип)	зарезервировано	зарезервировано	
XMLTEXT		зарезервировано	зарезервировано	
XMLVALIDATE		зарезервировано	зарезервировано	

Ключевое слово	PostgreSQL	SQL:2011	SQL:2008	SQL-92
YEAR	не зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано	зарезервировано
YES	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	
ZONE	не зарезервировано	не зарезервировано	не зарезервировано	зарезервировано

Приложение D. Соответствие стандарту SQL

В этом разделе в общих чертах отмечается, в какой степени PostgreSQL соответствует текущему стандарту SQL. Следующая информация не является официальным утверждением о соответствии, а представляет только основные аспекты на уровне детализации, достаточно полезном и целесообразном для пользователей.

Формально стандарт SQL называется ISO/IEC 9075 «Язык баз данных SQL». Время от времени выпускается обновлённая версия стандарта; последняя версия стандарта вышла в 2011 г. Эта версия получила обозначение ISO/IEC 9075:2011, или просто SQL:2011. До этого были выпущены версии SQL:2008, SQL:2003, SQL:1999 и SQL-92. Каждая следующая версия заменяет предыдущую, так что утверждение о совместимости с предыдущими версиями не имеет большой ценности. Разработчики PostgreSQL стремятся обеспечить совместимость с последней официальной версией стандарта, оставаясь при этом в рамках традиционной функциональности и здравого смысла. PostgreSQL реализует большую часть требуемой стандартом функциональности, хотя иногда с немного другими функциями или синтаксисом. Можно ожидать, что со временем степень совместимости будет увеличиваться.

SQL-92 определяет три уровня функциональной совместимости: начальный (Entry), промежуточный (Intermediate) и полный (Full). Большинство СУБД заявляют о совместимости со стандартом SQL только на начальном уровне, так как полный набор возможностей на промежуточном и полном уровнях либо слишком велик, либо конфликтует с ранее принятым поведением.

Начиная с SQL:1999, вместо трёх чрезмерно пространственных уровней SQL-92 в стандарте SQL определено множество отдельных функциональных возможностей. Большое его подмножество представляет «Основную» функциональность, которую должны обеспечивать все совместимые с SQL реализации. Поддержка остальных возможностей не является обязательной. Некоторые необязательные возможности группируются вместе, образуя «пакеты», о поддержке которых могут заявлять реализации SQL, таким образом, декларируя совместимость с определённой группой возможностей.

Описание стандарта, начиная с версии SQL:2003, также разделяется на несколько частей. Каждая такая часть имеет короткое имя и номер. Заметьте, что нумерация этих частей непоследовательная.

- ISO/IEC 9075-1 Структура (SQL/Framework)
- ISO/IEC 9075-2 Основа (SQL/Foundation)
- ISO/IEC 9075-3 Интерфейс уровня вызовов (SQL/CLI)
- ISO/IEC 9075-4 Модули постоянного хранения (SQL/PSM)
- ISO/IEC 9075-9 Управление внешними данными (SQL/MED)
- ISO/IEC 9075-10 Привязки объектных языков (SQL/OLB)
- ISO/IEC 9075-11 Схемы информации и определений (SQL/Schemata)
- ISO/IEC 9075-13 Программы и типы, использующие язык Java (SQL/JRT)
- ISO/IEC 9075-14 Спецификации, связанные с XML (SQL/XML)

Ядро PostgreSQL реализует части 1, 2, 9, 11 и 14. Часть 3 реализуется драйвером ODBC, а часть 13 — подключаемым расширением PL/Java, но точное соответствие этих компонентов стандарту на данный момент не проверено. Части 4 и 10 в PostgreSQL в настоящее время не реализованы.

PostgreSQL поддерживает почти все основные возможности стандарта SQL:2011. Из 179 обязательных возможностей, которые требуются для полного соответствия «Основной» функциональности, PostgreSQL обеспечивает совместимость как минимум для 160. Кроме того, он реализует длинный список необязательных возможностей. Следует отметить, что на время написания этой документации ни одна существующая СУБД не заявила о полном соответствии «Основной» функциональности SQL:2011.

В следующих двух разделах мы представляем список возможностей, которые поддерживает PostgreSQL, и список возможностей, определённых в SQL:2011, которые ещё не поддерживаются в PostgreSQL. Оба эти списка носят приблизительный характер: какая-то возможность, отмеченная как поддерживаемая, может отличаться от стандарта в деталях, и напротив, для какой-то неподдерживаемой возможности могут быть реализованы ключевые компоненты. Наиболее точная информация о том, что работает, а что нет, содержится в основной документации.

Примечание

Коды возможностей, содержащие знак минус, обозначают подчинённые возможности. При этом, если какая-либо одна подчинённая возможность не поддерживается, основная возможность так же не будет поддерживаться, даже если реализованы все остальные на подуровне.

D.1. Поддерживаемые возможности

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
B012		Встроенный C	
B021		Непосредственный SQL	
E011	Ядро	Числовые типы данных	
E011-01	Ядро	Типы данных INTEGER и SMALLINT	
E011-02	Ядро	Типы данных REAL, DOUBLE PRECISION и FLOAT	
E011-03	Ядро	Типы данных DECIMAL и NUMERIC	
E011-04	Ядро	Арифметические операторы	
E011-05	Ядро	Числовые сравнения	
E011-06	Ядро	Неявные преобразования между числовыми типами данных	
E021	Ядро	Символьные типы данных	
E021-01	Ядро	Тип данных CHARACTER	
E021-02	Ядро	Тип данных CHARACTER VARYING	
E021-03	Ядро	Символьные строки	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
E021-04	Ядро	Функция CHARACTER_LENGTH	убирает завершающие пробелы из значений CHARACTER перед подсчётом символов
E021-05	Ядро	Функция OCTET_LENGTH	
E021-06	Ядро	Функция SUBSTRING	
E021-07	Ядро	Конкатенация символьных строк	
E021-08	Ядро	Функции UPPER и LOWER	
E021-09	Ядро	Функция TRIM	
E021-10	Ядро	Неявные преобразования между типами символьных строк	
E021-11	Ядро	Функция POSITION	
E021-12	Ядро	Сравнения символов	
E031	Ядро	Идентификаторы	
E031-01	Ядро	Идентификаторы с разделителями	
E031-02	Ядро	Идентификаторы в нижнем регистре	
E031-03	Ядро	Завершающее подчёркивание	
E051	Ядро	Базовое определение запросов	
E051-01	Ядро	SELECT DISTINCT	
E051-02	Ядро	Предложение GROUP BY	
E051-04	Ядро	GROUP BY может содержать столбцы не из <списка выборки>	
E051-05	Ядро	Элементы списка выборки могут переименовываться	
E051-06	Ядро	Предложение HAVING	
E051-07	Ядро	Дополнение * в списке выборки	
E051-08	Ядро	Корреляционные имена в предложении FROM	
E051-09	Ядро	Переименование столбцов в предложении FROM	
E061	Ядро	Базовые предикаты и условия поиска	
E061-01	Ядро	Предикат сравнения	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
E061-02	Ядро	Предикат BETWEEN	
E061-03	Ядро	Предикат IN со списком значений	
E061-04	Ядро	Предикат LIKE	
E061-05	Ядро	Предложение ESCAPE в предикате LIKE	
E061-06	Ядро	Предикат NULL	
E061-07	Ядро	Предикаты количественного сравнения	
E061-08	Ядро	Предикат EXISTS	
E061-09	Ядро	Подзапросы в предикате сравнения	
E061-11	Ядро	Подзапросы в предикате IN	
E061-12	Ядро	Подзапросы в предикате количественного сравнения	
E061-13	Ядро	Коррелирующие подзапросы	
E061-14	Ядро	Условие поиска	
E071	Ядро	Простые выражения с запросами	
E071-01	Ядро	Табличный оператор UNION DISTINCT	
E071-02	Ядро	Табличный оператор UNION ALL	
E071-03	Ядро	Табличный оператор EXCEPT DISTINCT	
E071-05	Ядро	Столбцы, объединяемые табличными операторами, могут иметь разные типы данных	
E071-06	Ядро	Табличные операторы в подзапросах	
E081	Ядро	Основные права доступа	
E081-01	Ядро	Право на SELECT	
E081-02	Ядро	Право на DELETE	
E081-03	Ядро	Право на INSERT на уровне таблицы	
E081-04	Ядро	Право на UPDATE на уровне таблицы	
E081-05	Ядро	Право на UPDATE на уровне столбцов	
E081-06	Ядро	Право REFERENCES на уровне таблицы	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
E081-07	Ядро	Право REFERENCES на уровне столбцов	
E081-08	Ядро	Предложение WITH GRANT OPTION	
E081-09	Ядро	Право USAGE	
E081-10	Ядро	Право на EXECUTE	
E091	Ядро	Функции множеств	
E091-01	Ядро	AVG	
E091-02	Ядро	COUNT	
E091-03	Ядро	MAX	
E091-04	Ядро	MIN	
E091-05	Ядро	SUM	
E091-06	Ядро	Дополнение ALL	
E091-07	Ядро	Дополнение DISTINCT	
E101	Ядро	Базовая обработка данных	
E101-01	Ядро	Оператор INSERT	
E101-03	Ядро	Оператор UPDATE с критерием отбора	
E101-04	Ядро	Оператор DELETE с критерием отбора	
E111	Ядро	Оператор SELECT, возвращающий одну строку	
E121	Ядро	Базовая поддержка курсоров	
E121-01	Ядро	DECLARE CURSOR	
E121-02	Ядро	Столбцы ORDER BY, отсутствующие в списке выборки	
E121-03	Ядро	Выражения значений в предложении ORDER BY	
E121-04	Ядро	Оператор OPEN	
E121-06	Ядро	Оператор UPDATE с позиционированием	
E121-07	Ядро	Оператор DELETE с позиционированием	
E121-08	Ядро	Оператор CLOSE	
E121-10	Ядро	Оператор FETCH с неявным NEXT	
E121-17	Ядро	Курсоры WITH HOLD	
E131	Ядро	Поддержка NULL (NULL вместо значений)	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
E141	Ядро	Основные ограничения целостности	
E141-01	Ядро	Ограничения NOT NULL	
E141-02	Ядро	Ограничения UNIQUE столбцов NOT NULL	
E141-03	Ядро	Ограничения PRIMARY KEY	
E141-04	Ядро	Базовое ограничение FOREIGN KEY без действия (NO ACTION) по умолчанию и для операций удаления со ссылками, и для операций изменения со ссылками	
E141-06	Ядро	Ограничения CHECK	
E141-07	Ядро	Значения столбцов по умолчанию	
E141-08	Ядро	NOT NULL распространяется на PRIMARY KEY	
E141-10	Ядро	Имена во внешнем ключе могут указываться в любом порядке	
E151	Ядро	Поддержка транзакций	
E151-01	Ядро	Оператор COMMIT	
E151-02	Ядро	Оператор ROLLBACK	
E152	Ядро	Базовый оператор SET TRANSACTION	
E152-01	Ядро	Оператор SET TRANSACTION: предложение ISOLATION LEVEL SERIALIZABLE	
E152-02	Ядро	Оператор SET TRANSACTION: предложения READ ONLY и READ WRITE	
E153	Ядро	Запросы, изменяющие данные, с подзапросами	
E161	Ядро	Комментарии SQL, начинающиеся с двух минусов	
E171	Ядро	Поддержка SQLSTATE	
F021	Ядро	Основная информационная схема	
F021-01	Ядро	Представление COLUMNS	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F021-02	Ядро	Представление TABLES	
F021-03	Ядро	Представление VIEWS	
F021-04	Ядро	Представление TABLE_ CONSTRAINTS	
F021-05	Ядро	Представление REFERENTIAL_ CONSTRAINTS	
F021-06	Ядро	Представление CHECK_CONSTRAINTS	
F031	Ядро	Базовые манипуляции со схемой	
F031-01	Ядро	Оператор CREATE TABLE создаёт хранимые основные таблицы	
F031-02	Ядро	Представление CREATE VIEW	
F031-03	Ядро	Оператор GRANT	
F031-04	Ядро	Оператор ALTER TABLE: предложение ADD COLUMN	
F031-13	Ядро	Оператор DROP TABLE: предложение RESTRICT	
F031-16	Ядро	Оператор DROP VIEW: предложение RESTRICT	
F031-19	Ядро	Оператор REVOKE: предложение RESTRICT	
F032		Каскадное удаление (CASCADE)	
F033		Оператор ALTER TABLE: предложение DROP COLUMN	
F034		Расширенный оператор REVOKE	
F034-01		Оператор REVOKE может выполняться не только владельцем объекта схемы	
F034-02		Оператор REVOKE: предложение GRANT OPTION FOR	
F034-03		Оператор REVOKE отзывает право, данное субъекту с указанием WITH GRANT OPTION	
F041	Ядро	Базовое соединение таблиц	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F041-01	Ядро	Внутреннее соединение (но не обязательно с ключевым словом INNER)	
F041-02	Ядро	Ключевое слово INNER	
F041-03	Ядро	LEFT OUTER JOIN	
F041-04	Ядро	RIGHT OUTER JOIN	
F041-05	Ядро	Внешние соединения могут быть вложенными	
F041-07	Ядро	Внутренняя таблица с левой или правой стороны внешнего соединения может также участвовать во внутреннем соединении	
F041-08	Ядро	Поддерживаются все операторы сравнения (а не только =)	
F051	Ядро	Базовая поддержка даты и времени	
F051-01	Ядро	Тип данных DATE (включая поддержку строк DATE)	
F051-02	Ядро	Тип данных TIME (включая поддержку строк TIME) с точностью до секунд как минимум с 0 знаков после запятой	
F051-03	Ядро	Тип данных TIMESTAMP (включая поддержку строк TIMESTAMP) с точностью до секунд как минимум с 0 и 6 знаками после запятой	
F051-04	Ядро	Предикаты сравнения с типами данных DATE, TIME и TIMESTAMP	
F051-05	Ядро	Явное приведение (CAST) между типами даты/времени и типами символьных строк	
F051-06	Ядро	CURRENT_DATE	
F051-07	Ядро	LOCALTIME	
F051-08	Ядро	LOCALTIMESTAMP	
F052	Расширенные средства работы с датами/временем	Арифметика с интервалами и датами/временем	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F053		Предикат OVERLAPS	
F081	Ядро	UNION и EXCEPT в представлениях	
F111		Уровни изоляции, отличные от SERIALIZABLE	
F111-01		Уровень изоляции READ UNCOMMITTED	
F111-02		Уровень изоляции READ COMMITTED	
F111-03		Уровень изоляции REPEATABLE READ	
F131	Ядро	Операции группировки	
F131-01	Ядро	Предложения WHERE, GROUP BY и HAVING, поддерживаемые в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-02	Ядро	Поддержка нескольких таблиц в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-03	Ядро	Поддержка функций множеств в запросах со сгруппированными представлениями	
F131-04	Ядро	Подзапросы с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированные представления	
F131-05	Ядро	SELECT, возвращающий одну строку, с предложениями GROUP BY и HAVING и сгруппированными представлениями	
F171		Несколько схем для одного пользователя	
F191	Расширенное управление целостностью	Действия при удалении со ссылками	
F200		Оператор TRUNCATE TABLE	
F201	Ядро	Функция CAST	
F202		TRUNCATE TABLE: возможность перезапуска идентифицирующего столбца	
F221	Ядро	Явные значения по умолчанию	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F222		Оператор INSERT: предложение DEFAULT VALUES	
F231		Таблицы прав	
F231-01		Представление TABLE_PRIVILEGES	
F231-02		Представление COLUMN_PRIVILEGES	
F231-03		Представление USAGE_PRIVILEGES	
F251		Поддержка доменов	
F261	Ядро	Выражение CASE	
F261-01	Ядро	Простой оператор CASE	
F261-02	Ядро	Оператор CASE с условиями	
F261-03	Ядро	NULLIF	
F261-04	Ядро	COALESCE	
F262		Расширенные выражения CASE	
F271		Составные строки символов	
F281		Улучшенный оператор LIKE	
F302		Табличный оператор INTERSECT	
F302-01		Табличный оператор INTERSECT DISTINCT	
F302-02		Табличный оператор INTERSECT ALL	
F304		Табличный оператор EXCEPT ALL	
F311-01	Ядро	CREATE SCHEMA	
F311-02	Ядро	CREATE TABLE для хранимых основных таблиц	
F311-03	Ядро	CREATE VIEW	
F311-04	Ядро	CREATE VIEW: WITH CHECK OPTION	
F311-05	Ядро	Оператор GRANT	
F321		Авторизация пользователей	
F361		Поддержка подпрограмм	
F381		Расширенные манипуляции со схемой	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F381-01		Оператор ALTER TABLE: предложение ALTER COLUMN	
F381-02		Оператор ALTER TABLE: предложение ADD CONSTRAINT	
F381-03		Оператор ALTER TABLE: предложение DROP CONSTRAINT	
F382		Изменение типа данных столбцов	
F383		Предложение, устанавливающее NOT NULL для столбца	
F384		Предложение удаления свойства идентифицирующего столбца	
F386		Предложение установления генерирования значений идентифицирующего столбца	
F391		Длинные идентификаторы	
F392		Спецсимволы Unicode в идентификаторах	
F393		Спецсимволы Unicode в текстовых строках	
F401		Расширенное соединение таблиц	
F401-01		NATURAL JOIN	
F401-02		FULL OUTER JOIN	
F401-04		CROSS JOIN	
F402		Соединения по именам столбцов для больших объектов, массивов и мультимножеств	
F411	Расширенные средства работы с датами/временем	Указание часового пояса	отличия в интерпретации строкового представления
F421		Национальные символы	
F431		Прокручиваемые курсоры только для чтения	
F431-01		FETCH с явным NEXT	
F431-02		FETCH FIRST	
F431-03		FETCH LAST	
F431-04		FETCH PRIOR	
F431-05		FETCH ABSOLUTE	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F431-06		FETCH RELATIVE	
F441		Расширенная поддержка функций множеств	
F442		Смешанные ссылки на столбцы в функциях множеств	
F471	Ядро	Скалярные значения подзапросов	
F481	Ядро	Расширенный предикат NULL	
F491	Расширенное управление целостностью	Управление ограничениями	
F501	Ядро	Представления возможностей и совместимости	
F501-01	Ядро	Представление SQL_FEATURES	
F501-02	Ядро	Представление SQL_SIZING	
F501-03	Ядро	Представление SQL_LANGUAGES	
F502		Таблицы расширенной документации	
F502-01		Представление SQL_SIZING_PROFILES	
F502-02		Представление SQL_IMPLEMENTATION_INFO	
F502-03		Представление SQL_PACKAGES	
F531		Временные таблицы	
F555	Расширенные средства работы с датами/временем	Дополнительная точность в секундах	
F561		Полные выражения значений	
F571		Проверки значений истинности	
F591		Производные таблицы	
F611		Типы данных для индикаторов	
F641		Конструкторы строк и таблиц	
F651		Дополнения имён каталогов	
F661		Простые таблицы	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F672		Ограничения-проверки с текущим временем	
F690		Поддержка правил сортировки	но без поддержки наборов символов
F692		Расширенная поддержка правил сортировки	
F701	Расширенное управление целостностью	Действия при обновлении со ссылками	
F711		ALTER для домена	
F731		Права на INSERT для столбцов	
F751		Усовершенствования CHECK для представлений	
F761		Управление сеансом	
F762		CURRENT_CATALOG	
F763		CURRENT_SCHEMA	
F771		Управление соединением	
F781		Самоссылающиеся операции	
F791		Нечувствительные курсоры	
F801		Полные функции множеств	
F850		<Предложение order by> на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F851		<Предложение order by> в подзапросах	
F852		<Предложение order by> на верхнем уровне в представлениях	
F855		Вложенное <предложение order by> в <выражении запроса>	
F856		Вложенное <предложение fetch first> в <предложении запроса>	
F857		<Предложение fetch first> на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F858		<Предложение fetch first> в подзапросах	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F859		<Предложение fetch first> на верхнем уровне в представлениях	
F860		<Указание числа строк> в <предложении fetch first>	
F861		<Предложение offset для результата> на верхнем уровне в <выражении запроса>	
F862		<Предложение offset для результата> в подзапросах	
F863		Вложенное <предложение offset для результата> в <выражении запроса>	
F864		<Предложение offset для результата> на верхнем уровне в представлениях	
F865		<Указание числа строк> с <предложением offset для результата>	
S071	Расширенная поддержка объектов	SQL-пути при разрешении имён функций и типов	
S092		Массивы пользовательских типов	
S095		Конструкторы массива из запроса	
S096		Необязательное указание границ массива	
S098		ARRAY_AGG	
S111	Расширенная поддержка объектов	ONLY в выражениях запросов	
S201		Вызываемые из SQL подпрограммы, работающие с массивами	
S201-01		Массивы в параметрах	
S201-02		Массивы в качестве типа результата функций	
S211	Расширенная поддержка объектов	Пользовательские функции приведений	
S301		Расширенный UNNEST	
T031		Тип данных BOOLEAN	
T071		Тип данных BIGINT	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
T121		WITH (без RECURSIVE) в выражении запроса	
T122		WITH (с RECURSIVE) в подзапросе	
T131		Рекурсивный запрос	
T132		Рекурсивный запрос в подзапросе	
T141		Предикат SIMILAR	
T151		Предикат DISTINCT	
T152		Предикат DISTINCT с отрицанием	
T171		Предложение LIKE в определении таблицы	
T172		Предложение подзапроса AS в определении таблицы	
T173		Расширенное предложение LIKE в определении таблицы	
T174		Идентифицирующие столбцы	
T177		Поддержка генераторов последовательностей: возможность простого перезапуска	
T178		Идентифицирующие столбцы: возможность простого перезапуска	
T191	Расширенное управление целостностью	Действие RESTRICT при нарушении ссылок	
T201	Расширенное управление целостностью	Сравнимые типы данных для ссылочных ограничений	
T211-01	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Триггеры, активируемые при UPDATE, INSERT или DELETE в одной базовой таблице	
T211-02	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Триггеры BEFORE	
T211-03	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Триггеры AFTER	
T211-04	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Триггеры FOR EACH ROW	
T211-05	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Возможность задать условие поиска, которое должно быть ис-	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
		тинным перед вызовом триггера	
T211-07	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Право TRIGGER	
T212	Расширенное управление целостностью	Расширенные возможности триггеров	
T213		Триггеры INSTEAD OF	
T231		Чувствительные курсоры	
T241		Оператор START TRANSACTION	
T271		Точки сохранения	
T281		Право SELECT на уровне столбцов	
T285		Улучшения имён производных столбцов	
T312		Функция OVERLAY	
T321-01	Ядро	Пользовательские функции без перегрузки	
T321-02	Ядро	Пользовательские хранимые процедуры без перегрузки	
T321-03	Ядро	Вызов функций	
T321-04	Ядро	Оператор CALL	
T321-06	Ядро	Представление ROUTINES	
T321-07	Ядро	Представление PARAMETERS	
T323		Явное управление безопасностью внешних подпрограмм	
T325		Дополненные указания параметров SQL	
T331		Базовые роли	
T341		Перегрузка вызываемых из SQL функций и процедур	
T351		Блочные комментарии SQL (комментарии /*...*/)	
T431	OLAP	Расширенные возможности группирования	
T432		Вложения и конкатенация GROUPING SETS	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
T433		Функция GROUPING с несколькими аргументами	
T441		Функции ABS и MOD	
T461		Симметричный предикат BETWEEN	
T491		Производная таблица LATERAL	
T501		Улучшенный предикат EXISTS	
T521		Именованные аргументы в операторе CALL	
T551		Необязательные ключевые слова, подразумеваемые синтаксисом по умолчанию	
T581		Функция подстроки по регулярному выражению	
T591		Ограничения UNIQUE для столбцов, принимающих NULL	
T611	OLAP	Элементарные операции OLAP	
T613		Получение выборки	
T614		Функция NTILE	
T615		Функции LEAD и LAG	
T617		Функции FIRST_VALUE и LAST_VALUE	
T620		Предложение WINDOW: параметр GROUPS	
T621		Дополнительные численные функции	
T631	Ядро	Предикат IN с одним элементом списка	
T651		Операторы модификации схемы SQL в SQL-подпрограммах	
T655		Циклически зависимые подпрограммы	
X010		Тип XML	
X011		Массивы типа XML	
X014		Атрибуты типа XML	
X016		Хранимые значения XML	
X020		XMLConcat	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X031		XMLElement	
X032		XMLForest	
X034		XMLAgg	
X035		XMLAgg: параметр ORDER BY	
X036		XMLComment	
X037		XMLPI	
X040		Базовое отображение таблиц	
X041		Базовое отображение таблиц: значения NULL отсутствуют	
X042		Базовое отображение таблиц: NULL в виде nil	
X043		Базовое отображение таблиц: таблица в виде леса элементов	
X044		Базовое отображение таблиц: таблица в виде элемента	
X045		Базовое отображение таблиц: с целевым пространством имён	
X046		Базовое отображение таблиц: отображение данных	
X047		Базовое отображение таблиц: отображение метаданных	
X048		Базовое отображение таблиц: кодирование двоичных строк в base64	
X049		Базовое отображение таблиц: кодирование двоичных строк в шестнадцатеричном виде	
X050		Расширенное отображение таблиц	
X051		Расширенное отображение таблиц: значения NULL отсутствуют	
X052		Расширенное отображение таблиц: NULL в виде nil	
X053		Расширенное отображение таблиц: таблица в виде леса элементов	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X054		Расширенное отображение таблиц: таблица в виде элемента	
X055		Расширенное отображение таблиц: с целевым пространством имён	
X056		Расширенное отображение таблиц: отображение данных	
X057		Расширенное отображение таблиц: отображение метаданных	
X058		Расширенное отображение таблиц: кодирование двоичных строк в base64	
X059		Расширенное отображение таблиц: кодирование двоичных строк в шестнадцатеричном виде	
X060		XMLParse: ввод символьных строк и вариант CONTENT	
X061		XMLParse: ввод символьных строк и вариант DOCUMENT	
X070		XMLSerialize: сериализация символьных строк и вариант CONTENT	
X071		XMLSerialize: сериализация символьных строк и вариант DOCUMENT	
X072		XMLSerialize: сериализация символьных строк	
X090		Предикат XML-документа	
X120		XML в параметрах SQL-подпрограмм	
X121		XML в параметрах внешних подпрограмм	
X222		Механизм передачи XML BY REF	
X301		XMLTable: указание списка производных столбцов	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X302		XMLTable: указание столбца нумерации	
X303		XMLTable: указание значения столбца по умолчанию	
X304		XMLTable: передача контекста	
X400		Сопоставление имён и идентификаторов	
X410		Изменение типа данных столбца: поддержка типа XML	

D.2. Неподдерживаемые возможности

Следующие возможности, описанные в SQL:2011, не реализованы в этом выпуске PostgreSQL. В некоторых случаях они заменяются равнозначной функциональностью

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
B011		Встроенный язык Ada	
B013		Встроенный язык COBOL	
B014		Встроенный язык Fortran	
B015		Встроенный язык MUMPS	
B016		Встроенный язык Pascal	
B017		Встроенный язык PL/I	
B031		Базовый динамический SQL	
B032		Расширенный динамический SQL	
B032-01		<Оператор describe input>	
B033		Нетипизированные аргументы функции, вызываемой из SQL	
B034		Динамическое указание атрибутов курсора	
B035		Нерасширенные имена дескрипторов	
B041		Расширения встроенных объявлений исключений SQL	
B051		Расширенные права для выполнения	
B111		Язык модулей — Ada	
B112		Язык модулей — C	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
B113		Язык модулей — COBOL	
B114		Язык модулей — Fortran	
B115		Язык модулей — MUMPS	
B116		Язык модулей — Pascal	
B117		Язык модулей — PL/I	
B121		Язык подпрограмм — Ada	
B122		Язык подпрограмм — C	
B123		Язык подпрограмм — COBOL	
B124		Язык подпрограмм — Fortran	
B125		Язык подпрограмм — MUMPS	
B126		Язык подпрограмм — Pascal	
B127		Язык подпрограмм — PL/I	
B128		Язык подпрограмм — SQL	
B211		Язык модулей — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC	
B221		Язык подпрограмм — Ada: поддержка VARCHAR и NUMERIC	
E182	Ядро	Язык модулей	
F054		TIMESTAMP в списке приоритетов типа DATE	
F121		Базовое управление диагностикой	
F121-01		Оператор GET DIAGNOSTICS	
F121-02		Оператор SET TRANSACTION: предложение DIAGNOSTICS SIZE	
F122		Расширенное управление диагностикой	
F123		Вся диагностика	
F181	Ядро	Поддержка множества модулей	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F263		Разделённые запятыми предикаты в простом выражении CASE	
F291		Предикат UNIQUE	
F301		CORRESPONDING в выражениях запросов	
F311	Ядро	Оператор определения схемы	
F312		Оператор MERGE	возможная альтернатива — INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE
F313		Расширенный оператор MERGE	
F314		Оператор MERGE с ветвью DELETE	
F341		Таблицы использования	без таблиц ROUTINE_*_USAGE
F385		Предложение удаления выражения, генерирующего значения столбца	
F394		Необязательное указание нормальной формы	
F403		Секционированные соединённые таблицы	
F451		Определение набора символов	
F461		Именованные наборы символов	
F492		Необязательное указание соблюдения ограничения таблицы	
F521	Расширенное управление целостностью	Утверждения	
F671	Расширенное управление целостностью	Подзапросы в CHECK	намеренно опущено
F693		Правила сортировки символов для SQL-сеансов и клиентских модулей	
F695		Поддержка перекодировки	
F696		Дополнительная документация по перекодировке	
F721		Откладываемые ограничения	только сторонние и уникальные ключи

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
F741		Типы ссылочных совпадений MATCH	пока без частичного совпадения
F812	Ядро	Базовое флагирование	
F813		Расширенное флагирование	
F821		Ссылки на локальные таблицы	
F831		Полное изменение курсора	
F831-01		Изменяемые прокручиваемые курсоры	
F831-02		Изменяемые упорядоченные курсоры	
F841		Предикат LIKE_REGEX	
F842		Функция OCCURRENCES_REGEX	
F843		Функция POSITION_REGEX	
F844		Функция SUBSTRING_REGEX	
F845		Функция TRANSLATE_REGEX	
F846		Поддержка октетов в операторах регулярных выражений	
F847		Неконстантные регулярные выражения	
F866		Предложение FETCH FIRST: параметр PERCENT	
F867		Предложение FETCH FIRST: параметр WITH TIES	
S011	Ядро	Отдельные типы данных	
S011-01	Ядро	Представление USER_DEFINED_TYPES	
S023	Базовая поддержка объектов	Базовые структурированные типы	
S024	Расширенная поддержка объектов	Расширенные структурированные типы	
S025		Окончательные структурированные типы	
S026		Самоссылающиеся структурированные типы	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
S027		Создание метода по заданному имени метода	
S028		Произвольный порядок параметров UDT	
S041	Базовая поддержка объектов	Базовые ссылочные типы	
S043	Расширенная поддержка объектов	Расширенные ссылочные типы	
S051	Базовая поддержка объектов	Создание таблицы из типа	частично поддерживается
S081	Расширенная поддержка объектов	Подтаблицы	
S091		Базовая поддержка массивов	частично поддерживается
S091-01		Массивы встроенных типов данных	
S091-02		Массивы отдельных типов	
S091-03		Выражения с массивами	
S094		Массивы ссылочных типов	
S097		Присвоение значения элементу массива	
S151	Базовая поддержка объектов	Предикат типа	
S161	Расширенная поддержка объектов	Приведение подтипов	
S162		Приведение подтипов для ссылочных типов	
S202		Вызываемые из SQL подпрограммы, работающие с мультимножествами	
S231	Расширенная поддержка объектов	Указатели на структурные типы	
S232		Указатели на массивы	
S233		Указатели на мультимножества	
S241		Функции преобразований	
S242		Оператор изменения преобразования	
S251		Определяемые пользователем упорядочивания	
S261		Метод SPECIFICTYPE	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
S271		Базовая поддержка мультимножеств	
S272		Мультимножества пользовательских типов	
S274		Мультимножества ссылочных типов	
S275		Расширенная поддержка мультимножеств	
S281		Типы вложенных коллекций	
S291		Ограничение уникальности для всей строки	
S401		Отдельные типы на базе типов массивов	
S402		Отдельные типы на базе отдельных типов	
S403		ARRAY_MAX_CARDINALITY	
S404		TRIM_ARRAY	
T011		Тип TIMESTAMP в информационной схеме	
T021		Типы данных BINARY и VARBINARY	
T022		Расширенная поддержка типов данных BINARY и VARBINARY	
T023		Составные двоичные строки	
T024		Пробелы в двоичных строках	
T041	Базовая поддержка объектов	Базовая поддержка типа данных LOB	
T041-01	Базовая поддержка объектов	Тип данных BLOB	
T041-02	Базовая поддержка объектов	Тип данных CLOB	
T041-03	Базовая поддержка объектов	Функции POSITION, LENGTH, LOWER, TRIM, UPPER и SUBSTRING для типов данных LOB	
T041-04	Базовая поддержка объектов	Конкатенация типов данных LOB	
T041-05	Базовая поддержка объектов	Указатель на LOB: неудерживаемый	
T042		Расширенная поддержка типа данных LOB	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
T043		Множитель T	
T044		Множитель P	
T051		Типы кортежей	
T052		MAX и MIN для типов кортежей	
T053		Явные псевдонимы ссылки на все поля	
T061		Поддержка UCS	
T101		Улучшенное определение возможности NULL	
T111		Изменяемые соединения, объединения и столбцы	
T175		Генерируемые столбцы	
T176		Поддержка генераторов последовательностей	
T180		Системное версионирование таблиц	
T181		Таблицы с периодом времени прикладного уровня	
T211	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Базовые возможности триггеров	
T211-06	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Поддержка правил времени выполнения для взаимодействия триггеров и ограничений	
T211-08	Активная база данных, улучшенное управление целостностью	Несколько триггеров для одного события вызываются в том порядке, в каком они были созданы в каталоге	намеренно опущено
T251		Оператор SET TRANSACTION: параметр LOCAL	
T261		Сцеплённые транзакции	
T272		Улучшенное управление точками сохранения	
T301		Функциональные зависимости	частично поддерживается
T321	Ядро	Базовые вызываемые из SQL подпрограммы	
T321-05	Ядро	Оператор RETURN	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
T322	PSM	Объявляемые атрибуты типа данных	
T324		Явное управление безопасностью подпрограмм SQL	
T326		Табличные функции	
T332		Расширенные роли	в основном поддерживаются
T434		GROUP BY DISTINCT	
T471		Наборы результатов в качестве возвращаемого значения	
T472		DESCRIBE CURSOR	
T495		Совместное изменение и извлечение данных	другой синтаксис
T502		Предикаты периодов	
T511		Счётчики транзакций	
T522		Значения по умолчанию для входных параметров процедур, вызываемых из SQL	поддерживаются, за исключением ключевого слова DEFAULT при вызове
T561		Удерживаемые указатели	
T571		Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие массивы	
T572		Внешние вызываемые из SQL функции, возвращающие множества	
T601		Ссылки на локальные курсоры	
T612		Расширенные операции OLAP	поддерживаются некоторые формы
T616		Варианты обработки NULL для функций LEAD и LAG	
T618		Функция NTH_VALUE	функция существует, но некоторые возможности отсутствуют
T619		Вложенные оконные функции	
T641		Присвоение нескольким столбцам	поддерживаются только некоторые варианты синтаксиса
T652		Операторы динамического SQL в SQL-подпрограммах	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
T653		Операторы модификации схемы SQL во внешних подпрограммах	
T654		Операторы динамического SQL во внешних подпрограммах	
M001		Связи данных (DATA LINK)	
M002		Связи данных через SQL/CLI	
M003		Связи данных через встроенный SQL	
M004		Поддержка сторонних данных	частично поддерживается
M005		Поддержка сторонних схем	
M006		Подпрограмма GetSQLString	
M007		TransmitRequest	
M009		Подпрограммы GetOpts и GetStatistics	
M010		Поддержка обёрток сторонних данных	другой API
M011		Связи данных через Ada	
M012		Связи данных через C	
M013		Связи данных через COBOL	
M014		Связи данных через Fortran	
M015		Связи данных через MUMPS	
M016		Связи данных через Pascal	
M017		Связи данных через PL/I	
M018		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Ada	
M019		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке C	другой API
M020		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке COBOL	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
M021		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Fortran	
M022		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке MUMPS	
M023		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке Pascal	
M024		Подпрограммы интерфейса обёртки сторонних данных на языке PL/I	
M030		Поддержка сторонних данных SQL-сервера	
M031		Общие подпрограммы обёртки сторонних данных	
X012		Мультимножества типа XML	
X013		Отдельные типы, производные от XML	
X015		Поля типа XML	
X025		XMLCast	
X030		XMLDocument	
X038		XMLText	
X065		XMLParse: ввод BLOB и вариант CONTENT	
X066		XMLParse: ввод BLOB и вариант DOCUMENT	
X068		XMLSerialize: BOM	
X069		XMLSerialize: INDENT	
X073		XMLSerialize: сериализация BLOB и вариант CONTENT	
X074		XMLSerialize: сериализация BLOB и вариант DOCUMENT	
X075		XMLSerialize: сериализация BLOB	
X076		XMLSerialize: VERSION	
X077		XMLSerialize: явное указание ENCODING	
X078		XMLSerialize: явное объявление XML	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X080		Пространства имён при публикации XML	
X081		Объявления пространств имён XML на уровне запроса	
X082		Объявления пространств имён XML в DML	
X083		Объявления пространств имён XML в DDL	
X084		Объявления пространств имён XML в составных операторах	
X085		Предопределённые префиксы пространств имён	
X086		Объявления пространств имён XML в XMLTable	
X091		Предикат содержимого XML	
X096		XMlexists	Только XPath
X100		Поддержка ведущего языка для XML: вариант CONTENT	
X101		Поддержка ведущего языка для XML: вариант DOCUMENT	
X110		Поддержка ведущего языка для XML: отображение VARCHAR	
X111		Поддержка ведущего языка для XML: отображение CLOB	
X112		Поддержка ведущего языка для XML: отображение BLOB	
X113		Поддержка ведущего языка для XML: указание STRIP WHITESPACE	
X114		Поддержка ведущего языка для XML: указание PRESERVE WHITESPACE	
X131		Предложение XMLBINARY на уровне запроса	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X132		Предложение XMLBINARY в DML	
X133		Предложение XMLBINARY в DDL	
X134		Предложение XMLBINARY в составных операторах	
X135		Предложение XMLBINARY в подзапросах	
X141		Предикат IS VALID: в зависимости от данных	
X142		Предикат IS VALID: предложение ACCORDING TO	
X143		Предикат IS VALID: предложение ELEMENT	
X144		Предикат IS VALID: расположение схемы	
X145		Предикат IS VALID вне ограничений-проверок	
X151		Предикат IS VALID с вариантом DOCUMENT	
X152		Предикат IS VALID с вариантом CONTENT	
X153		Предикат IS VALID с вариантом SEQUENCE	
X155		Предикат IS VALID: NAMESPACE без предложения ELEMENT	
X157		Предикат IS VALID: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X160		Базовая информационная схема для зарегистрированных XML-схем	
X161		Расширенная информационная схема для зарегистрированных XML-схем	
X170		Варианты обработки NULL с XML	
X171		Вариант NIL ON NO CONTENT	
X181		Тип XML(DOCUMENT(UNTYPED))	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X182		Тип XML(DOCUMENT(ANY))	
X190		Тип XML(SEQUENCE)	
X191		Тип XML(DOCUMENT(XMLSCHEMA))	
X192		Тип XML(CONTENT(XMLSCHEMA))	
X200		XMLQuery	
X201		XMLQuery: RETURNING CONTENT	
X202		XMLQuery: RETURNING SEQUENCE	
X203		XMLQuery: передача контекста	
X204		XMLQuery: инициализация переменной XQuery	
X205		XMLQuery: указание EMPTY ON EMPTY	
X206		XMLQuery: указание NULL ON EMPTY	
X211		Поддержка XML 1.1	
X221		Механизм передачи XML BY VALUE	
X231		Тип XML(CONTENT(UNTYPED))	
X232		Тип XML(CONTENT(ANY))	
X241		RETURNING CONTENT при публикации XML	
X242		RETURNING SEQUENCE при публикации XML	
X251		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(UNTYPED))	
X252		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(ANY))	
X253		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(UNTYPED))	
X254		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(ANY))	

Идентификатор	Пакет	Описание	Комментарий
X255		Хранимые значения XML типа XML(SEQUENCE)	
X256		Хранимые значения XML типа XML(DOCUMENT(XMLSCHEMA))	
X257		Хранимые значения XML типа XML(CONTENT(XMLSCHEMA))	
X260		Тип XML: предложение ELEMENT	
X261		Тип XML: NAMESPACE без предложения ELEMENT	
X263		Тип XML: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X264		Тип XML: расположение схемы	
X271		XMLValidate: в зависимости от данных	
X272		XMLValidate: предложение ACCORDING TO	
X273		XMLValidate: предложение ELEMENT	
X274		XMLValidate: расположение схемы	
X281		XMLValidate с вариантом DOCUMENT	
X282		XMLValidate с вариантом CONTENT	
X283		XMLValidate с вариантом SEQUENCE	
X284		XMLValidate: NAMESPACE без предложения ELEMENT	
X286		XMLValidate: NO NAMESPACE с предложением ELEMENT	
X300		XMLTable	Только XPath
X305		XMLTable: инициализация переменной XQuery	

Приложение Е. Замечания к выпуску

В замечаниях к выпуску отмечаются значительные изменения, имевшие место в каждом выпуске PostgreSQL, при этом ключевые изменения и вопросы миграции освещаются в самом начале. В эти замечания не включаются изменения, затрагивающие лишь нескольких пользователей, как и изменения внутренние и поэтому пользователям не заметные. Например, оптимизатор усовершенствуется почти в каждом выпуске, но для пользователей эти улучшения проявляются обычно просто в ускорении запросов.

Полный список изменений каждого выпуска можно получить, просмотрев журналы Git для этого выпуска. Также все изменения в исходном коде отражаются в *списке рассылки* `pgsql-committers`. Кроме того, имеется *веб-интерфейс*, в котором можно просмотреть изменения в разрезе файлов.

Имя, указанное рядом с каждым пунктом, показывает, кто был основным разработчиком этого изменения. Но, конечно, с каждым из изменений связано обсуждение в сообществе и анализ предлагаемой правки, так что на самом деле каждый из этих пунктов — плод работы сообщества.

Е.1. Выпуск 11.1

Дата выпуска: 2018-11-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 11.0. За информацией о нововведениях версии 11 обратитесь к Разделу Е.2.

Е.1.1. Миграция на версию 11.1

Если используется версия 11.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `pg_stat_statements`, прочитайте запись о нём в списке изменений.

Е.1.2. Изменения

- Корректное заключение в кавычки имён переходных таблиц в командах `CREATE TRIGGER ... REFERENCING`, которые выдаёт `pg_dump` (Том Лейн)

Отсутствием кавычек мог воспользоваться непривилегированный пользователь с целью получения прав суперпользователя при последующем восстановлении выгруженных данных или выполнении `pg_upgrade`. (CVE-2018-16850)

- Размещение создаваемого дочернего индекса в табличном пространстве, выбранном для секционированного индекса (Альваро Эррера)

Ранее дочерние индексы всегда создавались в табличном пространстве по умолчанию.

- Исправление обработки NULL при выполнении распараллеливаемых многопакетных левых соединений по хешу (Эндрю Гирт, Томас Мунро)

Ранее строки внешнего отношения, содержащие значения NULL в ключе хеширования, не попадали в результат соединения.

- Исправление некорректной обработки выражения, содержащего приведение типа к массиву, внутри предложения CASE, в котором проверяемое выражение является константой (Том Лейн)
- Исправление некорректного расширения кортежей, не содержащих недавно добавленных столбцов (Эндрю Дунстан, Амит Ланготе)

В результате этого дефекта наблюдался крах сервера в коде триггера таблицы, в которую добавлялись столбцы; однако были возможны и другие проявления.

- Исправление ошибок в обработке аргументов с именами или значениями по умолчанию, передаваемых в списке аргументов команде `CALL` (Том Лейн, Павел Стехуле)

- Исправление проверки строгости для агрегатов со столбцами `ORDER BY` (Эндрю Гирт, Андрес Фройнд)

Логика проверки строгости функции ошибочно игнорировала строки, в которых значения столбцов `ORDER BY` были равны `NULL`.

- Отключение оптимизации `recheck_on_update` (Том Лейн)

Эта появившаяся в 11 версии функциональность оказалась не готовой к публичному выступлению. Поэтому решено было её убрать, пока она не будет исправлена.

- Недопущение создания секции в триггере, присоединённом к родительской таблице (Амит Ланготе)

В идеале такое создание можно было бы разрешить, но в данный момент оно блокируется во избежание сбоев.

- Устранение проблем с применением `ON COMMIT DELETE ROWS` к секционированной временной таблице (Амит Ланготе)
- Исправление проверок классов символов для корректной поддержки в Windows символов Unicode выше U+FFFF (Том Лейн, Кэндзи Уно)

Эта ошибка проявлялась в операциях полнотекстового поиска, а также в работе модулей `contrib/ltree` и `contrib/pg_trgm`.

- Обеспечение обработки сервером уже полученных прерываний `NOTIFY` и `SIGTERM` до начала ожидания данных от клиента (Джефф Джейнс, Том Лейн)
- Ликвидация утечки памяти при сканировании индекса SP-GiST (Том Лейн)

Сколько-нибудь значительное проявление этой утечки наблюдалось, только когда для ограничения-исключения, использующего SP-GiST, в индекс поступало много записей.

- Предотвращение запуска сервера со значением `wal_level`, недостаточно большим для поддержки существующего слота репликации (Андрес Фройнд)
- Исправление кода `psql`, а также примеров в документации, чтобы функция `PQconsumeInput()` вызывалась перед `PQnotifies()` (Том Лейн)

Тем самым решена проблема, когда `psql` не выдавал полученное сообщение `NOTIFY` до следующей команды.

- Исправление в `pg_verify_checksums` выбора файлов для проверки контрольных сумм (Микаэль Пакье)

В некоторых случаях несоответствие контрольной суммы выявлялось в тех файлах, в которых она не должна проверяться.

- В `contrib/pg_stat_statements` роли `pg_read_all_stats` запрещено выполнение `pg_stat_statements_reset()` (Харибабу Комми)

Роли `pg_read_all_stats` должно позволяться только чтение статистики, но не её изменение, поэтому разрешение на выполнение этой функции ей было дано некорректно.

Чтобы это изменение вступило в силу, выполните `ALTER EXTENSION pg_stat_statements UPDATE` в каждой базе данных, где установлено расширение `pg_stat_statements`. (Для баз данных, изначально созданных в версии 11.0, это не должно требоваться, но базы, обновлённые с предыдущей версии, могут содержать старую версию `pg_stat_statements`. Если модуль был обновлён ранее, команда `UPDATE` не сделает ничего.)

- Переход в названиях функций поддержки red-black tree (красно-чёрного дерева) от префикса `rb` к `rbt` (Том Лейн)

Это позволяет избежать конфликта имён с функциями Ruby, нарушающего работу PL/Ruby. Хочется надеяться, что в результате не пострадают другие расширения.

- Устранение проблем при сборке в macOS 10.14 (Mojave) (Том Лейн)

Усовершенствование скрипта `configure`, чтобы в `CPPFLAGS` добавлялся ключ `-isysroot`; без этого PL/Perl и PL/Tcl нельзя сконфигурировать или собрать в macOS 10.14. Значение `sysroot` можно переопределить во время конфигурирования или сборки, установив переменную `PG_SYSROOT` в аргументах `configure` или `make`.

Теперь рекомендуется, чтобы для связанных с Perl расширений во флагах компилятора указывалось `$(perl_includespec)`, а не `-I$(perl_archlibexp)/CORE`. Второй вариант по-прежнему будет работать на большинстве платформ, но не в последних macOS.

Также теперь не требуется указывать вручную ключ `--with-tclconfig`, чтобы собрать PL/Tcl в последних версиях macOS.

- Исправление скриптов сборки с MSVC и регрессионного тестирования для работы с последними версиями Perl (Эндрю Дунстан)

Это изменение вызвано тем, что Perl теперь по умолчанию не включает текущий каталог в свой путь поиска.

- Реализована возможность запускать регрессионные тесты в Windows с учётной записью администратора (Эндрю Дунстан)

Чтобы это было безопасно, `pg_regress` теперь лишает себя расширенных прав при запуске.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018g`, включающее изменений правил перехода на летнее время в России (Волгограде), Чили, Марокко и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Китая, Гавайев, Японии, Макао и Северной Кореи.

Е.2. Выпуск 11

Дата выпуска: 2018-10-18

Е.2.1. Обзор

В число ключевых усовершенствований PostgreSQL 11 входят:

- Усовершенствования, связанные с секционированием:
 - Реализована поддержка секционирования по хешу
 - Реализована поддержка ключей `PRIMARY KEY`, `FOREIGN KEY`, индексов и триггеров в секционированных таблицах
 - Добавлена возможность создания секции по умолчанию, содержащей строки, не попадающие ни в одну другую секцию
 - При изменении операторами `UPDATE` значений ключа разбиения в строках секционированной таблицы эти строки теперь будут переноситься в соответствующие секции
 - Улучшена производительность `SELECT` благодаря стратегиям оптимизированного устранения секций при планировании и выполнении запросов
- Усовершенствования, связанные с распараллеливанием:
 - Команда `CREATE INDEX` теперь может строить индекс-B-дерево параллельно
 - Стало возможным параллельное выполнение `CREATE TABLE .. AS`, `CREATE MATERIALIZED VIEW` и некоторых запросов с `UNION`
 - Распараллеливаемые соединения по хешу и распараллеливаемые последовательные сканирования теперь выполняются эффективнее
- Хранимые процедуры на SQL, поддерживающие внутренние транзакции
- Возможность JIT-компиляции некоторого кода SQL, позволяющая ускорить вычисление выражений

- Оконные функции теперь поддерживают все варианты описания рамки, определённые в стандарте SQL:2011, включая `RANGE` *смещение* `PRECEDING/FOLLOWING`, режим `GROUPS` и рамки с исключением
- Возможность создания покрывающих индексов, которые определяются предложением `INCLUDE` команды `CREATE INDEX`
- Много других улучшений, увеличивающих производительность, в частности возможность избежать перезаписи таблицы при выполнении `ALTER TABLE ... ADD COLUMN` с отличным от `NULL` значением по умолчанию

Предыдущие пункты более подробно описаны в следующих разделах.

Е.2.2. Миграция на версию 11

Тем, кто хочет мигрировать данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью `pg_dumpall` или воспользоваться `pg_upgrade`.

В версии 11 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Рассмотрите следующие несовместимые аспекты:

- `pg_dump` теперь выгружает и свойства базы данных, а не только её содержимое (Харибабу Комми)

Ранее такие атрибуты базы данных, как разрешения `GRANT/REVOKE` уровня базы данных и значения переменных `ALTER DATABASE SET`, выгружались только утилитой `pg_dumpall`. Теперь при выполнении `pg_dump --create` и `pg_restore --create` в дополнение к объектам базы будут восстанавливаться и такие её свойства. При этом `pg_dumpall -g` будет выводить только атрибуты, связанные с ролями и табличными пространствами. Содержимое полного вывода `pg_dumpall` (без `-g`) не изменилось.

Команды `pg_dump` и `pg_restore` без ключа `--create` теперь не выгружают/не восстанавливают комментарии на уровне базы и метки безопасности; эти атрибуты теперь считаются свойствами базы данных.

При восстановлении вывода `pg_dumpall` теперь базы данных всегда должны восстанавливаться с исходными локалями и кодировками, и поэтому, если локаль или кодировка окажется неизвестной в целевой системе, произойдёт ошибка. Ранее команда `CREATE DATABASE` выдавалась без таких указаний, если локаль и кодировка базы данных не отличались от установленных по умолчанию в старом кластере.

`pg_dumpall --clean` теперь позволяет восстановить исходные параметры локали и кодировки для баз данных `postgres` и `template1`, а не только для баз, создаваемых пользователями.

- Неоднозначность между вызовом функции и обращением к столбцу теперь разрешается с учётом синтаксической формы (Том Лейн)

В предположении, что x — имя таблицы или составного столбца, PostgreSQL традиционно считал синтаксические формы $f(x)$ и $x.f$ равнозначными. Это позволяло использовать такие приёмы, как вызов специально написанной функции в виде обращения к вычисляемому столбцу. Однако в случаях, допускающих оба прочтения, ранее всегда выбиралось прочтение столбца, что приводило к неожиданным результатам, когда пользователь намеревался именно вызвать функцию. Теперь в случае подобной неоднозначности прочтение выбирается в зависимости от синтаксической формы.

- Строгое требование уникальности для имён ограничений таблиц и доменов (Том Лейн)

PostgreSQL ожидает, что имена ограничений таблицы, как и имена ограничений доменов, будут уникальными. Однако ранее это не контролировалось явно, и в особых случаях могли появляться дублирующиеся имена.

- Обработка в функциях `power(numeric, numeric)` и `power(float8, float8)` аргументов NaN в соответствии со стандартом POSIX (Том Лейн, Дан Мин Хыонг)

Согласно стандарту POSIX, $\text{NaN} \wedge 0 = 1$ и $1 \wedge \text{NaN} = 1$, а во всех других случаях с аргументами NaN должно возвращаться значение NaN. Ранее `power(numeric, numeric)` просто всегда возвращала NaN; сейчас она учитывает эти два исключения. `power(float8, float8)` следовала стандарту в зависимости от поведения нижележащей библиотеки C; однако на некоторых старых платформах Unix эта библиотека работала некорректно, и кроме того, возникали расхождения в некоторых версиях Windows.

- Недопущение игнорирования функцией `to_number()` символов, которые не соответствуют символам в шаблоне (Оливер Форд)

В частности, `SELECT to_number('1234', '9,999')` раньше возвращала 134. Теперь она возвращает 1234. Символы в шаблоне L и TH теперь будут поглощать только символы, отличные от цифр, знаков плюс/минус, десятичной точки и запятой.

- Исправление поведения `to_date()`, `to_number()`, и `to_timestamp()`, чтобы для каждого символа в шаблоне пропускался один символ в данных (Том Лейн)

Ранее они пропускали один байт для каждого байта, составляющего символ шаблона, что приводило к неадекватному поведению при наличии многобайтных символов в шаблоне или вводимой строке.

- В `to_char()`, `to_number()` и `to_timestamp()` исправлена обработка символов обратной косой черты в двойных кавычках внутри строки шаблона.

Такие символы теперь экранируют следующий за ними символ, а именно символ кавычек или другую обратную косую черту.

- Корректная обработка выражений с относительными путями в `xmltable()`, `xpath()` и других функциях, работающих с XML (Маркус Винанд)

Согласно стандарту SQL, относительные пути нужно рассматривать от узла документа XML, а не от корневого узла, как раньше это делали данные функции.

- В протоколе расширенных запросов значение `statement_timeout` должно применяться к каждому отдельному сообщению Execute, а не ко всем командам до Sync (Тацуо Исии, Андреас Фройнд)
- Удаление столбца `relhaspkey` из системного каталога `pg_class` (Питер Эйзен траут)

Приложения, которым нужно проверить первичный ключ, должны обращаться в `pg_index`.

- Замена столбцов `proisagg` и `proiswindow` в системном каталоге `pg_proc` на `prokind` (Питер Эйзен траут)

Новый столбец более чётко выделяет функции, процедуры, а также агрегатные и оконные функции.

- Откорректировано содержимое столбца информационной схемы `tables.table_type` — значение FOREIGN TABLE изменено на FOREIGN (Питер Эйзен траут)

Новое содержимое соответствует стандарту SQL.

- Изменены отображаемые в ps имена фоновых рабочих процессов для соответствия меткам `pg_stat_activity.backend_type` (Питер Эйзен траут)
- Проверка разрешений для использования больших объектов теперь происходит при открытии объекта, в функции `lo_open()`, а не при попытке чтения/записи (Том Лейн, Микаэль Пакье)

Теперь в случае отсутствия прав на запись будет выдаваться ошибка, тогда как раньше её могло не быть, если собственно запись в большой объект вообще не производилась.

- Разрешение переиндексирования общих каталогов только для суперпользователей (Микаэль Пакье, Роберт Хаас)

Ранее это также могли делать владельцы баз данных, но теперь эта операция считается выходящей за рамки их полномочий.

- Удаление устаревших функций `adminpack pg_file_read()`, `pg_file_length()` и `pg_logfile_rotate()` (Стивен Фрост)

Равнозначная функциональность теперь представлена в ядре сервера. Старые инсталляции `adminpack` продолжают использовать эти функции, пока не будут обновлены посредством `ALTER EXTENSION ... UPDATE`.

- Параметры команд, заключённые в двойные кавычки, стали восприниматься с учётом регистра (Даниэль Густафссон)

Ранее имена параметров в определённых SQL-командах принудительно приводились к нижнему регистру, даже когда они задавались в кавычках; так, например, `"FillFactor"` воспринималось как имя параметра хранения индекса, тогда как правильное имя должно записываться строчными буквами. Теперь в подобных случаях будет выдаваться ошибка.

- Ликвидация серверного параметра `replacement_sort_tuples` (Питер Геохеган)

Было решено, что сортировка с замещением в настоящее время не имеет практической пользы.

- Удаление предложения `WITH` в `CREATE FUNCTION` (Микаэль Пакье)

PostgreSQL уже долгое время поддерживает более стандартный вариант записи для этой возможности.

Е.2.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и выпуском PostgreSQL 11.

Е.2.3.1. Сервер

Е.2.3.1.1. Секционирование

- Возможность создания секций по хешу ключевого столбца (Амул Сул)
- Поддержка индексов в секционированных таблицах (Альваро Эррера, Амит Ланготе)

«Индекс» в секционированной таблице надо понимать не как физический индекс, построенный по всей этой таблице, а скорее как шаблон автоматического создания подобных индексов в каждой секции таблицы.

Если ключ секционирования входит в набор столбцов индекса, секционированный индекс может иметь характеристику `UNIQUE`. В этом случае он будет представлять собой полноценное ограничение уникальности во всей секционированной таблице, несмотря на то, что каждый физический индекс обеспечивает уникальность только в отдельной секции.

Новая команда `ALTER INDEX ATTACH PARTITION` позволяет связать существующий в определённой секции индекс с соответствующим шаблоном индекса для содержащей её секционированной таблицы. Это даёт возможность гибко образовывать новые секционированные индексы для существующих секционированных таблиц.

- Возможность создавать внешние ключи с секционированными таблицами (Альваро Эррера)
- Поддержка триггеров `FOR EACH ROW` в секционированных таблицах (Альваро Эррера)

При создании триггера в секционированной таблице автоматически создаются триггеры во всех её существующих и в добавляемых впоследствии секциях. Это также позволяет реализовать отложенные ограничения уникальности в секционированных таблицах.

- Возможность определить для секционированной таблицы секцию по умолчанию (Дживан Ладхе, Бина Эмерсон, Ашутосх Бапат, Рахила Съед, Роберт Хаас)

Секция по умолчанию будет содержать строки, не попадающие ни в одну из других секций, что соответствующим образом учитывается при поиске.

- При изменении операторами `UPDATE` значений ключа разбиения в строках секционированной таблицы эти строки теперь будут переноситься в соответствующие секции (Амит Хандекар)
- При выполнении в секционированных таблицах команд `INSERT`, `UPDATE` и `COPY` строки должным образом перенаправляются в секции, размещённые в сторонних таблицах (Эцуро Фудзита, Амит Ланготе)

Эта функциональность поддерживается обёрткой сторонних таблиц `postgres_fdw`.

- Реализована возможность быстрого устранения секций при обработке запросов (Амит Ланготе, Дэвид Роули, Дилип Кумар)

Она позволяет ускорить доступ к секционированным таблицам со многими секциями.

- Реализована возможность устранения секций при выполнении запроса (Дэвид Роули, Бина Эмерсон)

Ранее секции исключались только во время планирования, так что во многих соединениях и подготовленных запросах осуществить исключение секций было невозможно.

- При соединении секционированных таблиц по равенству строк реализована возможность соединения непосредственно соответствующих секций (Ашутосх Бапат)

По умолчанию эта возможность отключена, но её можно включить, изменив параметр `enable_partitionwise_join`.

- Возможность вычисления агрегатных функций в секционированных таблицах по отдельным секциям с последующим объединением результатов (Дживан Чок, Ашутосх Бапат, Роберт Хаас)

Эта функциональность по умолчанию отключена, но её можно включить, изменив параметр `enable_partitionwise_aggregate`.

- В `postgres_fdw` реализована возможность распределять агрегатные вычисления в секционированных таблицах по сторонним таблицам-секциям (Дживан Чок)

Е.2.3.1.2. Параллельное выполнение запросов

- Возможность параллельного построения индексов `btree` (Питер Геохеган, Рушаб Латиа, Хейки Линнакангас)
- Возможность выполнения соединения по хешу в параллельном режиме с использованием общей хеш-таблицы (Томас Мунро)
- При выполнении `UNION` образующие его запросы `SELECT` могут выполняться параллельно, если отдельный `SELECT` не может быть распараллелен (Амит Хандекар, Роберт Хаас, Амул Сул)
- Сканирование секций может более эффективно использовать параллельные исполнители (Амит Хандекар, Роберт Хаас, Амул Сул)
- Указание `LIMIT` может передаваться параллельным исполнителям (Роберт Хаас, Том Лейн)

Благодаря этому рабочие процессы могут возвращать меньший объём результатов и использовать целенаправленное сканирование индекса.

- Возможность распараллеливания запросов, выполняемых разово, например, агрегатных запросов в предложении `WHERE` и функций в выходном списке запроса (Амит Капила, Роберт Хаас)
- Добавление серверного параметра `parallel_leader_participation`, управляющего участием ведущего процесса в выполнении подпланов (Томас Мунро)

По умолчанию этот параметр включён, то есть ведущий будет исполнять подпланы.

- Возможность распараллеливания команд `CREATE TABLE ... AS, SELECT INTO` и `CREATE MATERIALIZED VIEW` (Харибабу Комми)
- Увеличение скорости последовательного сканирования со множеством параллельных исполнителей (Дэвид Роули)
- Добавление в вывод `EXPLAIN` информации о действиях, выполняемых при сортировке с параллельными исполнителями (Роберт Хаас, Том Лейн)

Е.2.3.1.3. Индексы

- Возможность включать в индексы В-дерева столбцы, которые не входят в ограничение уникальности или ключ поиска, но могут быть прочитаны при сканировании только индекса (Анастасия Лубенникова, Александр Коротков, Фёдор Сигаев)

Для определения таких индексов предназначено новое предложение `INCLUDE` команды `CREATE INDEX`. Таким образом стало возможным создавать «покрывающие индексы», оптимизирующие некоторые типы запросов. В покрывающий индекс могут включаться столбцы даже с такими типами данных, которые не поддерживает В-дерево.

- Ускорение добавления в индекс монотонно увеличивающихся ключей (Паван Деоласи, Питер Геохеган)
- Улучшение производительности сканирования хеш-индекса (Томаш Вондра, Роберт Хаас)
- Добавление предикатных блокировок для индексов GiST, GIN и хеш-индексов (Шубхам Барай)

Благодаря этому уменьшается вероятность конфликтов сериализации для транзакций в сериализуемом режиме.

Е.2.3.1.3.1. SP-GiST

- Добавление оператора сопоставления префиксов `text ^@ text` и реализация его поддержки в SP-GiST (Ильдус Курбангалиев)

Он действует подобно конструкции `переменная LIKE 'слово%'` с индексом `btree`, но обрабатывается более эффективно.

- Возможность индексирования многоугольников с SP-GiST (Никита Глухов, Александр Коротков)
- Возможность использования в SP-GiST неточного представления ключей на уровне листьев (Фёдор Сигаев, Хейкки Линнакангас, Александр Коротков, Никита Глухов)

Е.2.3.1.4. Оптимизатор

- Улучшение выбора наиболее типичных значений для статистики (Джефф Джейнс, Дин Рашид)

Ранее наиболее типичные значения (Most-Common-Values, MCV) выбирались с учётом их частоты относительно всех других значений столбца. Теперь MCV выбираются с учётом их частоты относительно значений, не попадающих в число MCV. Это способствует улучшению статистики для равномерного и неравномерного распределения.

- Улучшение оценок избирательности для `>=` и `<=` (Том Лейн)

Ранее для них применялась та же оценка избирательности, что и для операторов `>` и `<`, соответственно, за исключением сравнения с константами из числа MCV. Это изменение особенно полезно для условий `BETWEEN` с маленькими диапазонами.

- Сведение выражения `переменная = переменная` к выражению `переменная IS NOT NULL` там, где они равнозначны (Том Лейн)

Благодаря этому улучшается оценка избирательности.

- Улучшение оценки числа строк оптимизатором для запросов `EXISTS` и `NOT EXISTS` (Том Лейн)

- Усовершенствование оптимизатора, чтобы он учитывал стоимость вычислений и избирательность для предложений `HAVING` (Том Лейн)

Е.2.3.1.5. Общая производительность

- Реализация JIT-компиляции некоторых частей планов для ускорения выполнения запросов (Андрес Фройнд)

Для этой функциональности требуется наличие LLVM. По умолчанию она отключена, даже в сборках, обеспечивающих её поддержку.

- Возможность выполнения при определённых условиях сканирования битовой карты подобно сканированию только индекса (Александр Кузьменков)
- Обновление карты свободного пространства во время `VACUUM` (Клаудио Фрейре)

Это позволяет задействовать освободившееся пространство более оперативно.

- Исключение ненужных операций сканирований индекса при выполнении `VACUUM` (Масахико Савада, Александр Коротков)
- Увеличение производительности при одновременном фиксировании множества транзакций (Амит Капила)
- Более эффективное использование памяти при выполнении запросов, в списках результатов которых фигурируют функции, возвращающие множества (Андрес Фройнд)
- Ускорение агрегатных вычислений (Андрес Фройнд)
- Реализация в `postgres_fdw` возможности передавать на сторонние серверы запросы `UPDATE` и `DELETE`, использующие соединения (Эцуро Фудзита)

Ранее могли передаваться только `UPDATE` и `DELETE` без соединений.

- Добавление поддержки *больших страниц* в Windows (Такаюки Цунакава, Томас Мунро)

Эта поддержка включается параметром конфигурации `huge_pages`.

Е.2.3.1.6. Мониторинг

- Добавление информации об использовании памяти в вывод `log_statement_stats`, `log_parser_stats`, `log_planner_stats` и `log_executor_stats` (Джастин Призби, Питер Эйзен-траут)
- Добавление поля `pg_stat_activity.backend_type`, в котором показывается тип рабочего процесса (Питер Эйзен-траут)

Этот тип также можно увидеть в выводе `ps`.

- В режиме `log_autovacuum_min_duration` добавлен вывод сообщений о таблицах, которые были удалены, пока выполнялась очистка (Натан Боссарт)

Е.2.3.1.6.1. Информационная схема

- Добавление столбцов в представления `information_schema`, связанные с ограничениями таблиц и триггерами (Питер Эйзен-траут)

А именно, поля `triggers.action_order`, `triggers.action_reference_old_table` и `triggers.action_reference_new_table`, ранее всегда содержавшие `NULL`, теперь заполнены значениями. Также добавилось поле `table_constraints.enforced`, но оно пока не содержит полезного значения.

Е.2.3.1.7. Аутентификация

- Возможность задавать на сервере более сложные конструкции LDAP в режиме поиск+связывание (Томас Мунро)

В частности, в `ldapsearchfilter` можно задавать шаблоны с комбинациями атрибутов LDAP.

- Возможность аутентификации LDAP с использованием шифрованного протокола LDAP (Томас Мунро)

Ранее мы поддерживали работу LDAP поверх TLS с параметром `ldaptls=1`. Новый метод TLS LDAP для зашифрованного LDAP включается параметром `ldapscheme=ldaps` или `ldapurl=ldaps://`.

- Улучшен вывод сообщений об ошибках LDAP (Томас Мунро)

Е.2.3.1.8. Разрешения

- Добавление стандартных ролей для управления доступом к файловой системе (Стивен Фрост)

А именно, добавлены роли: `pg_read_server_files`, `pg_write_server_files` и `pg_execute_server_program`. Эти роли теперь также определяют, кому разрешено выполнять COPY на стороне сервера и использовать расширение `file_fdw`. Ранее эти функции были доступны только суперпользователям, и сейчас по умолчанию другим пользователям они недоступны.

- Вместо явных проверок суперпользователей ограничение доступа к функциям, которые работают с файловой системой, теперь обеспечивается разрешениями, управляемыми командами GRANT/REVOKE (Стивен Фрост)

Соответствующим образом были изменены функции: `pg_ls_dir()`, `pg_read_file()`, `pg_read_binary_file()` и `pg_stat_file()`.

- Переход к использованию GRANT/REVOKE для ограничения доступа к функциям `lo_import()` и `lo_export()` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Ранее к этим функциям имели доступ только суперпользователи.

Удалён параметр времени компиляции `ALLOW_DANGEROUS_LO_FUNCTIONS`.

- Для ограничения доступа без пароля к таблицам `postgres_fdw` через представление теперь проверяется владелец представления, а не пользователь сеанса (Роберт Хаас)

PostgreSQL позволяет только суперпользователям обращаться к таблицам `postgres_fdw` без паролей, то есть в режиме `peer`. Ранее для получения такого доступа суперпользователем должен был быть владелец сеанса; теперь же проверяется владелец представления.

- Исправление некорректной проверки разрешений для блокировки в SELECT FOR UPDATE с представлениями (Том Лейн)

Е.2.3.1.9. Конфигурация сервера

- Добавление серверного параметра `ssl_passphrase_command`, позволяющего передать пароль, требующийся для расшифровывания файлов ключей SSL (Питер Эйзентраут)

Вместе с этим добавлен параметр `ssl_passphrase_command_supports_reload`, указывающий, нужно ли перезагружать конфигурацию SSL и вызывать `ssl_passphrase_command` при перезагрузке конфигурации сервера.

- Добавление параметра хранилища `toast_tuple_target`, определяющего минимальный размер кортежа для рассмотрения возможности применения TOAST (Саймон Риггс)

Подразумеваемое по умолчанию пороговое значение для применения TOAST осталось прежним.

- Возможность задавать значения серверных параметров, связанных с объёмом файлов и памяти, в байтах (Бина Эмерсон)

Новая единица обозначается «В». Она дополняет прежний набор из «кВ», «МВ», «ГВ» и «ТВ».

Е.2.3.1.10. Журнал предзаписи (WAL)

- Возможность указания размера файлов WAL при вызове `initdb` (Бина Эмерсон)

Ранее размер по умолчанию составлял 16 Мбайт, и изменить его можно было только при компиляции.

- Сохранение данных WAL только для одной контрольной точки (Саймон Риггс)

Ранее записи WAL сохранялись для двух контрольных точек.

- Заполнение нулями неиспользованной части принудительно переключаемых сегментов WAL для более эффективного их сжатия (Чепмен Флэк)

Е.2.3.2. Базовое резервное копирование и потоковая репликация

- Репликация действия `TRUNCATE` в ходе логической репликации (Саймон Риггс, Марко Ненчарини, Питер Эйзентраут)
- Передача информации о подготовленных транзакциях подписчикам логической репликации (Никхил Сонтакке, Стас Кельвич)
- Исключение нежурналируемых и временных таблиц, а также файлов `pg_internal.init` из транслируемых базовых копий (Дэвид Стил)

Копировать такие файлы нет необходимости.

- Возможность проверки контрольных сумм страниц кучи при трансляции базовой резервной копии (Михаэль Банк)
- Возможность программного сдвига позиции в слотах репликации, без участия подписчиков (Петр Желинек)

Это позволяет эффективно продвигаться вперёд в слоте репликации, когда считать его содержимое не требуется. Данная возможность реализована в функции `pg_replication_slot_advance()`.

- Добавление информации о линии времени в файл `backup_label` (Микаэль Пакье)

Также добавлена проверка на соответствие линии времени в WAL линии времени в файле `backup_label`.

- Добавление адреса узла и порта в системное представление `pg_stat_wal_receiver` (Харибабу Комми)

Е.2.3.3. Служебные команды

- Возможность избежать перезаписи таблицы при добавлении в `ALTER TABLE` столбца с отличным от `NULL` значением по умолчанию (Эндрю Дунстан, Серж Рило)

Эта оптимизация включается, когда значение по умолчанию задаётся константой.

- Возможность блокирования представлений в результате блокирования нижележащих таблиц (Юго Нагата)
- Возможность определения в `ALTER INDEX` ориентиров сбора статистики для индексов по выражению (Александр Коротков, Адриен Найрат)

В `psql` команда `\d+` теперь показывает ориентир статистики для индексов.

- Возможность указания нескольких таблиц в одной команде `VACUUM` или `ANALYZE` (Натан Боссарт)

Кроме того, если для какой-либо таблицы, упомянутой в `VACUUM`, задаётся список столбцов, необходимо добавить ключевое слово `ANALYZE`; ранее в таких случаях указание `ANALYZE` подразумевалось.

- В `ANALYZE` добавлен синтаксис указания параметров в скобках (Натан Боссарт)

Подобный синтаксис поддерживает команда `VACUUM`.

- Добавление в `CREATE AGGREGATE` параметра, отмечающего поведение функции завершения агрегата (Том Лейн)

Это позволяет оптимизировать пользовательские агрегатные функции и использовать их как оконные функции.

Е.2.3.4. Типы данных

- Возможность создания массивов доменов (Том Лейн)

Это также позволяет использовать `array_agg()` с доменами.

- Поддержка доменов поверх составных типов (Том Лейн)

В дополнение к этому языки PL/Perl, PL/Python и PL/Tcl получили возможность принимать аргументы и выдавать результаты с составными доменными типами. Также улучшена поддержка доменных типов в PL/Python.

- Добавление приведений скаляров `JSONB` к числовому и логическому типу данных (Анастасия Лубенникова)

Е.2.3.5. Функции

- Реализация всех описанных в SQL:2011 вариантов определения рамки для оконных функций (Оливер Форд, Том Лейн)

В режиме `RANGE` теперь допускается указание в `PRECEDING` и `FOLLOWING` смещений для выбора строк с группирующими значениями плюс/минус заданное смещение. Кроме того, был добавлен режим `GROUPS`, в котором в рамку включается плюс/минус заданное число групп родственных строк. Также добавлен синтаксис для описания рамки с исключением.

- Добавление семейства хеш-функций SHA-2 (Питер Эйзен траут)

А именно, были добавлены функции: `sha224()`, `sha256()`, `sha384()` и `sha512()`.

- Добавление поддержки 64-битных функций хеширования без криптографической стойкости (Роберт Хаас, Амул Сул)
- Возможность указания в `to_char()` и `to_timestamp()` смещения часового пояса от UTC в часах и минутах (Никита Глухов, Эндрю Дунстан)

Для этого предназначены указания формата `TZH` и `TZM`.

- Добавление функции текстового поиска `websearch_to_tsquery()`, поддерживающей синтаксис запросов, подобный принятому в поисковых системах в Интернете (Виктор Дробный, Дмитрий Иванов)
- Добавление функций `json(b)_to_tsvector()`, создающих запрос текстового поиска для соответствующих значений `JSON/JSONB` (Дмитрий Долгов)

Е.2.3.6. Языки программирования на стороне сервера

- Реализация процедур на уровне SQL, которые могут начинать и фиксировать собственные транзакции (Питер Эйзен траут)

Для создания хранимых процедур предназначена новая команда `CREATE PROCEDURE`, а для выполнения — `CALL`

Новые команды `ALTER/DROP ROUTINE` позволяют изменять/удалять все виды объектов-подпрограмм, а именно процедуры, функции и агрегаты.

Кроме того, теперь запись `FUNCTION` в командах `CREATE OPERATOR` и `CREATE TRIGGER` предпочтительнее, чем `PROCEDURE`, так как целевой объект должен быть функцией, а не процедурой. Однако для совместимости старый синтаксис по-прежнему поддерживается.

- Добавление возможностей управления транзакциями в серверные языки PL/pgSQL, PL/Perl, PL/Python, PL/Tcl и SPI (Питер Эйзенраут)

Управление транзакциями возможно только в процедурах на верхнем уровне транзакций и вложенных блоках `CALL` и `DO`, которые могут содержать только другие блоки `CALL` и `DO`.

- Добавление в PL/pgSQL возможности обозначать типы записей составного типа как не принимающие `NULL`, постоянные, или имеющие начальные значения (Том Лейн)
- В PL/pgSQL добавлена обработка изменений составных типов (например, записи, кортежа), происходящих между первым и последующими вызовами функции в одном сеансе (Том Лейн)

Ранее в таких обстоятельствах выдавались ошибки.

- Добавление расширения `jsonb_plpython` для преобразования `JSONB` в типы PL/Python и в обратном направлении (Антон Быков)
- Добавление расширения `jsonb_plperl` для преобразования `JSONB` в типы PL/Perl и в обратном направлении (Антон Быков)

Е.2.3.7. Клиентские интерфейсы

- По умолчанию сжатие теперь отключено в `libpq` (Питер Эйзенраут)

В современных версиях OpenSSL сжатие отключено, так что соответствующий параметр `libpq` в них фактически не действовал.

- Добавление указания `DO CONTINUE` в команду `esrg WHENEVER` (Винайк Покале)

При этом генерируется команда `continue` языка C, приводящая к передаче управления в начало цикла, содержащего указанное условие.

- Добавление в `esrg` режима обработки символьных массивов в стиле Oracle Pro*C.

Этот режим включается ключом `-C`.

Е.2.3.8. Клиентские приложения

- Добавление в `psql` команды `\gdesc`, выводящей названия и типы столбцов в результате запроса (Павел Стехуле)
- Добавление переменных `psql` для управления выводом ошибок и действий запросов (Фабьен Коэльо)

А именно, были добавлены переменные: `ERROR`, `SQLSTATE`, `ROW_COUNT`, `LAST_ERROR_MESSAGE` и `LAST_ERROR_SQLSTATE`.

- Добавление в `psql` возможности проверить существование переменной (Фабьен Коэльо)

Для проверки существования переменной в операторе `\if` реализован синтаксис: `{?имя_переменной}`.

- Добавление переменной окружения `PSQL_PAGER` для управления постраничником в `psql` (Павел Стехуле)

Эта переменная позволяет задать для `psql` постраничник по умолчанию, отличный от постраничника, который выбран для других программ. Значение `PAGER` по-прежнему действует, если переменная `PSQL_PAGER` не определена.

- Безусловное добавление информации о секционировании в вывод команды `psql \d+` (Амит Ланготе, Ашутосх Бапат)

Ранее эта информация не выводилась для секционированной таблицы, в которой не было секций. Также теперь обозначается, какие секции сами являются секционированными.

- Вывод в `psql` правильного имени пользователя при запросе пароля (Том Лейн)

Ранее, когда имя пользователя задавалось в адресе URI и одновременно использовался ключ `-U`, в приглашении выдавалось некорректное имя. Теперь также подавляется имя при запросе пароля, когда указывается ключ `--password`.

- Выполнение выхода из `psql` при вводе команд `quit` и `exit`, когда в буфере ввода больше ничего нет (Брюс Момджян)

Добавление подсказки о том, как выйти из программы, когда команды `quit` и `exit` вводятся в отдельной строке при непустом буфере ввода. Эта же информация добавлена в справку (`help`).

- Добавление в `psql` подсказки об использовании Control-D, когда `\q` вводится в отдельной строке, но при этом игнорируется (Брюс Момджян)

Например, ввод `\q` не приведёт к выходу, если эти символы введены внутри текстовой строки.

- Улучшение дополнения табуляцией для команды `ALTER INDEX RESET/SET` (Масахико Савада)
- Добавление в `psql` инфраструктуры для адаптации запросов, требующихся для дополнения табуляцией, к версии сервера (Том Лейн)

Ранее запросы, выполняемые механизмом дополнения табуляцией, могли не работать на старых серверах.

Е.2.3.8.2. `pgbench`

- Добавление в `pgbench` поддержки выражений с `NULL`, логическими значениями, а также нескольких функций и операторов (Фабьен Коэльо)
- Добавление условий `\if` в `pgbench` (Фабьен Коэльо)
- Возможность использовать в именах переменных `pgbench` не только символы ASCII (Фабьен Коэльо)
- Добавление в `pgbench` ключа `--init-steps`, позволяющего управлять этапами инициализации (Масахико Савада)
- Добавление в `pgbench` генератора случайных чисел с распределением, приблизительно соответствующим закону Ципфа (Алик Хилажев)
- Возможность указания затравки для генератора случайных чисел в `pgbench` (Фабьен Коэльо)
- Добавление в `pgbench` функций `pow()` и `power()` для возведения в степень (Паул Марин Родригес)
- Добавление в `pgbench` функций хеширования (Ильдар Мусин)
- Улучшение точности статистики `pgbench` при использовании параметров `--latency-limit` и `--rate` (Фабьен Коэльо)

Е.2.3.9. Серверные приложения

- Добавление в `pg_basebackup` параметра для создания слота репликации с заданным именем (Михаэль Банк)

С ключом `--create-slot` будет создаваться слот репликации (с именем, заданным ключом `--slot`), когда используется метод потоковой трансляции WAL (`--wal-method=stream`).

- Возможность разрешения в `initdb` доступа группы к каталогу данных (Дэвид Стил)

Для этого предназначен добавленный ключ `initdb --allow-group-access`. Администраторы также могут установить разрешения для группы в пустом каталоге данных до запуска `initdb`. Узнать, разрешено ли группе чтение в каталоге данных, позволяет серверная переменная `data_directory_mode`.

- Добавление утилиты `pg_verify_checksums` для проверки контрольных сумм базы данных в отключённом состоянии (Магнус Хагандер)
- Возможность изменить в `pg_resetwal` размер сегмента WAL с помощью ключа `--wal-segsize` (Натан Боссарт)

- Добавление длинных параметров в `pg_resetwal` и `pg_controldata` (Натан Боссарт, Питер Эйзен-траут)
- Добавление в `pg_receivewal` ключа `--no-sync`, отключающего синхронную запись WAL в целях тестирования (Микаэль Пакье)
- Добавление в `pg_receivewal` ключа `--endpos`, указывающего, когда нужно остановить приём WAL (Микаэль Пакье)
- Включение в `pg_ctl` возможности посылать процессам сигналы `SIGKILL` (Андрес Фройнд)
Ранее эта возможность не поддерживалась из-за опасений потенциальных злоупотреблений ей.
- Уменьшение числа файлов, копируемых утилитой `pg_rewind` (Микаэль Пакье)
- Недопущение запуска `pg_rewind` от имени `root` (Микаэль Пакье)

Е.2.3.9.1. `pg_dump`, `pg_dumpall`, `pg_restore`

- Добавление в `pg_dumpall` ключа `--encoding` для управления выводом указаний кодировок (Микаэль Пакье)
В `pg_dump` этот ключ уже был раньше.
- Добавление в `pg_dump` ключа `--load-via-partition-root`, указывающего, что данные должны загружаться в корневую таблицу секционирования, а не в исходную секцию (Рушаб Латиа)
Это полезно, если в целевой системе окажутся другие правила сортировки или порядок байтов, при которых может потребоваться поместить строки в секции, отличные от прежних.
- Добавление ключа для отключения выгрузки и восстановления комментариев объекта базы данных (Робинс Таракан)

Новый ключ утилит `pg_dump`, `pg_dumpall` и `pg_restore` называется `--no-comments`.

Е.2.3.10. Исходный код

- Добавление в PGXS возможности устанавливать заголовочные файлы (Эндрю Гирт)
Это позволяет создавать модули расширений, зависящие от других модулей. Ранее для зависимого модуля не было простой возможности найти заголовочные файлы нужного ему модуля. Также был скорректирован ряд существующих модулей в `contrib`, определяющих типы данных, чтобы при их установке устанавливались и соответствующие заголовки. Кроме того, реализации PL/Perl и PL/Python теперь устанавливают свои заголовочные файлы для поддержки создания модулей преобразования для этих языков.
- Установка файла `errcodes.txt` при инсталляции, что позволяет расширениям получать список кодов ошибок, известных в PostgreSQL (Томас Мунро)
- Преобразование документации в формат DocBook XML (Питер Эйзен-траут, Александр Лахин, Юрген Пуртц)

Имена файлов по-прежнему имеют расширение `sgml` для совместимости с ветвями старых версий.

- Использование определения типа `bool` из `stdbool.h` там, где это возможно, то есть на подавляющем большинстве платформ (Питер Эйзен-траут)

Тем самым устранены трудности, связанные с написанием модулей расширений, в исходный код которых требовалось включить `stdbool.h`.

- Кардинальное изменение способа описания начальных системных каталогов (Джон Нейлор)

Теперь исходные данные представляются в структурах Perl, что значительно упрощает механическую работу с ними.

- Недопущение создания расширениями собственных серверных параметров, принимающих значения в виде списка в кавычках (Том Лейн)

Сейчас нет возможности это поддерживать, так как об этом свойстве параметра необходимо знать до того, как расширение будет загружено.

- Добавление возможности применять связывание каналов при использовании аутентификации SCRAM (Микаэль Пакье)

Связывание каналов предназначено для предотвращения атак посредника; SCRAM сам по себе не обеспечивает такую защиту — связывание необходимо включать явно. К сожалению, `libpq` не позволяет это сделать. Необходимая поддержка ожидается в будущих версиях `libpq` и в интерфейсах, построенных не на базе `libpq`, например, в `JDBC`.

- Предоставление фоновым исполнителям возможности подключения к базам данных, которые обычно не допускают подключения (Магнус Хагандер)
- Поддержка аппаратного вычисления CRC на платформе ARMv8 (Юки Гу, Хейкки Линнакангас, Томас Мунро)
- Ускорение поиска встроенных функций по OID (Андрес Фройнд)

Теперь вместо двоичного поиска используется массив индексов.

- Ускорение форматирования результатов запроса (Андрес Фройнд)
- Увеличение скорости доступа к кешам системы (Андрес Фройнд)
- Добавление механизма управления памятью, построенного на модели поколений, оптимизированной для последовательного выделения/освобождения блоков (Томаш Вондра)

С новым механизмом уменьшается потребление памяти при логическом декодировании.

- Согласование вычисления `pg_class.reltuples` при `VACUUM` с вычислением этого же значения при выполнении `ANALYZE` (Томаш Вондра)
- Переход к использованию более новой версии `perl tidy`, 20170521 (Том Лейн, Питер Эйзентраут)

Е.2.3.11. Дополнительные модули

- В расширение `pg_prewarm` добавлена возможность восстанавливать предыдущее содержимое общего буфера при запуске (Митхун Сай, Роберт Хаас)

Для этого информация об отношениях и номерах блоков, наблюдаемых в общем буфере, `pg_prewarm` периодически сохраняет на диск во время работы и при отключении сервера.

- Добавление в `pg_trgm` функции `strict_word_similarity()` для вычисления схожести целых слов (Александр Коротков)

Для подобной цели уже существовала функция `word_similarity()`, но она была предназначена для поиска схожих частей слов, тогда как `strict_word_similarity()` вычисляет схожесть целых слов.

- Возможность создания индексов, которые можно использовать в сравнениях `LIKE` со столбцами `citext` (Алексей Чернышов)

Для этого индексы должны создаваться с использованием класса операторов `citext_pattern_ops`.

- Возможность создания индексов `btree_gin` по значениям типов данных `bool`, `bpchar`, `name` и `uuid` (Матеус Оливейра)
- Возможность выполнения расширениями `cube` и `seg` сканирования только индекса при использовании индексов `GiST` (Андрей Бородин)
- Реализация извлечения отрицательных координат куба оператором `~>` (Александр Коротков)

Это полезно для поиска `kNN-GiST`, когда нужно выбрать координаты в возрастающем порядке.

- Обработка букв вьетнамского языка в расширении `unaccent` (Дан Мин Хыонг, Микаэль Пакье)
- Добавление в `amcheck` проверки наличия для каждого кортежа в куче соответствующей записи в индексе (Питер Геохеган)
- Переход в модуле `adminpack` к использованию новых стандартных ролей для доступа к файловой системе (Стивен Фрост)

Ранее функции `adminpack` могли вызывать только администраторы, теперь проверяются разрешения ролей.

- Расширение идентификатора запроса в `pg_stat_statement` до 64 бит (Роберт Хаас)

Это значительно сокращает вероятность совпадений хеша для разных идентификаторов запросов. Теперь эти идентификаторы могут отображаться и в виде отрицательных чисел.

- Удаление скриптов `contrib/start-scripts/osx`, так как использовать их более не рекомендуется (вместо них следует использовать `contrib/start-scripts/macos`) (Том Лейн)
- Удаление расширения `chkpss` (Питер Эйзентраут)

Это расширение более не считается полезным средством безопасности и примером написания расширения.

E.2.4. Благодарственный список

Перечисленные ниже (в алфавитном порядке) лица сделали вклад в этот выпуск, разрабатывая, совершенствуя и рецензируя код, принимая правки, проводя тестирование или сообщая о проблемах.

Абхиджит Менон-Сен (Abhijit Menon-Sen)
Адам Беланьский (Adam Bielanski)
Адам Брайтвелл (Adam Brightwell)
Адам Брюссельбек (Adam Brusselback)
Адитья Тошнивал (Aditya Toshniwal)
Адриан Эскомс (Adrián Escoms)
Адриен Найрат (Adrien Nayrat)
Акос Вандра (Akos Vandra)
Александр Алексеев (Aleksander Alekseev)
Александр Парфёнов (Aleksandr Parfenov)
Александр Коротков (Alexander Korotkov)
Александр Кукушкин (Alexander Kukushkin)
Александр Кузьменков (Alexander Kuzmenkov)
Александр Лахин (Alexander Lakhin)
Александр Гарсия (Alexandre Garcia)
Алексей Баштанов (Alexey Bashtanov)
Алексей Чернышов (Alexey Chernyshov)
Алексей Крючков (Alexey Kryuchkov)
Алик Хилажев (Alik Khilazhev)
Альваро Эррера (Álvaro Herrera)
Амит Капила (Amit Kapila)
Амит Хандекар (Amit Khandekar)
Амит Ланготе (Amit Langote)
Амул Сул (Amul Sul)
Анастасия Лубенникова (Anastasia Lubennikova)
Андреас Джозеф Крог (Andreas Joseph Krogh)
Андреас Карлссон (Andreas Karlsson)
Андреас Зельтенрейх (Andreas Seltenreich)
Андре Гензель (André Hänsel)
Андрей Горита (Andrei Gorita)
Андрес Фройнд (Andres Freund)
Эндрю Дунстан (Andrew Dunstan)

Эндрю Флетчер (Andrew Fletcher)
Эндрю Гирт (Andrew Gierth)
Эндрю Гроссман (Andrew Grossman)
Андрей Красичков (Andrew Krasichkov)
Андрей Бородин (Andrey Borodin)
Андрей Лизенко (Andrey Lizenko)
Энди Абелисто (Andy Abelisto)
Антон Быков (Anthony Bykov)
Антуан Семама (Antoine Scemama)
Антон Дигнос (Anton Dignös)
Антонин Хоуска (Antonin Houska)
Арсений Шароглазов (Arseniy Sharoglazov)
Арсений Шер (Arseny Sher)
Артур Закиров (Artur Zakirov)
Ашутосх Бапат (Ashutosh Bapat)
Ашутосх Шарма (Ashutosh Sharma)
Ашвин Агравал (Ashwin Agrawal)
Асим Правин (Asim Praveen)
Атсуши Торикоши (Atsushi Torikoshi)
Бадрул Чоудхури (Badrul Chowdhury)
Балаж Силфай (Balazs Szilfai)
Бейзил Бурк (Basil Bourque)
Бина Эмерсон (Beena Emerson)
Бен Чобот (Ben Chobot)
Бенджамин Кутю (Benjamin Coutu)
Бернд Хелмле (Bernd Helmle)
Блаз Мерела (Blaz Merela)
Брэд Дейонг (Brad DeJong)
Брент Дерт (Brent Dearth)
Брайан Клотье (Brian Cloutier)
Брюс Момджян (Bruce Momjian)
Каталин Якоб (Catalin Iacob)
Чад Трабант (Chad Trabant)
Чепмен Флэк (Chapman Flack)
Кристиан Дута (Christian Duta)
Кристиан Ульрих (Christian Ullrich)
Кристоф Берг (Christoph Berg)
Кристоф Дрейс (Christoph Dreis)
Кристоф Куртуа (Christophe Courtois)
Кристофер Джонс (Christopher Jones)
Клаудио Фрейре (Claudio Freire)
Клейтон Салем (Clayton Salem)
Крейг Рингер (Craig Ringer)
Дагфинн Ильмари Маннсакер (Dagfinn Ilmari Mannsåker)
Дан Вианелло (Dan Vianello)
Дэн Ватсон (Dan Watson)
Дан Мин Хыонг
Даниэль Густафссон (Daniel Gustafsson)
Даниэль Верите (Daniel Vérité)
Даниель Вестерман (Daniel Westermann)
Даниель Вуд (Daniel Wood)
Дорофей Пролесковский (Darafei Praliaskouski)
Дейв Крамер (Dave Cramer)
Дейв Пейдж (Dave Page)
Дэвид Биндерман (David Binderman)
Дэвид Карлье (David Carlier)
Давид Феттер (David Fetter)
Дэвид Дж. Джонстон (David G. Johnston)

Дэвид Гулд (David Gould)
 Дэвид Хинкль (David Hinkle)
 Давид Перейро Ларапес (David Pereiro Lagares)
 Дэвид Рэйдер (David Rader)
 Дэвид Роули (David Rowley)
 Дэвид Стил (David Steele)
 Дэви Мачадо (Davy Machado)
 Дин Рашид (Dean Rasheed)
 Диан Фей (Dian Fay)
 Дилип Кумар (Dilip Kumar)
 Дмитрий Сарафанников (Dmitriy Sarafannikov)
 Дмитрий Долгов (Dmitry Dolgov)
 Дмитрий Иванов (Dmitry Ivanov)
 Дмитрий Шалашов (Dmitry Shalashov)
 Дон Зейлер (Don Seiler)
 Даг Дул (Doug Doole)
 Даг Рэди (Doug Rady)
 Эдмунд Хорнер (Edmund Horner)
 Эйджи Сэки (Eiji Seki)
 Элвис Пранскевичус (Elvis Pranskevichus)
 Эмре Хасегели (Emre Hasegeli)
 Эрик Рижкерс (Erik Rijkers)
 Эрвин Брандштеттер (Erwin Brandstetter)
 Эцуро Фудзита (Etsuro Fujita)
 Эйлер Тавейра (Euler Taveira)
 Эверальдо Кануто (Everaldo Canuto)
 Фабьен Коэльо (Fabien Coelho)
 Фабрицио де Ройес Мелло (Fabrízio de Royes Mello)
 Фейке Стинберген (Feike Steenbergen)
 Фриц Ялвинг (Frits Jalvingh)
 Фудзии Масао (Fujii Masao)
 Гао Цзэнци (Gao Zengqi)
 Джанни Чиолли (Gianni Ciolli)
 Грег Старк (Greg Stark)
 Гуннлаугур Тор Брием (Gunnlaugur Thor Briem)
 Го Сян Тань (Guo Xiang Tan)
 Хади Мошаеди (Hadi Moshayedi)
 Хайлун Ли (Hailong Li)
 Харибабу Комми (Haribabu Kommi)
 Хит Лорд (Heath Lord)
 Хейкки Линнакангас (Heikki Linnakangas)
 Хьюго Мерсье (Hugo Mercier)
 Игорь Корот (Igor Korot)
 Игорь Нейман (Igor Neyman)
 Ильдар Мусин (Ildar Musin)
 Ильдус Курбангалиев (Ildus Kurbangaliev)
 Йозеф Ким (Ioseph Kim)
 Джейкоб Чемпион (Jacob Champion)
 Хайме Казанова (Jaime Casanova)
 Якоб Еггер (Jakob Egger)
 Жан-Пьер Пельтье (Jean-Pierre Pelletier)
 Дживан Чок (Jeevan Chalke)
 Дживан Ладхе (Jeevan Ladhe)
 Джефф Девис (Jeff Davis)
 Джефф Джейнс (Jeff Janes)
 Джереми Эванс (Jeremy Evans)
 Джереми Финцель (Jeremy Finzel)
 Джереми Шнайдер (Jeremy Schneider)

Джеспер Педерсен (Jesper Pedersen)
Джим Нэсби (Jim Nasby)
Джимми Йи (Jimmy Yih)
Цзин Ван (Jing Wang)
Жобен Августин (Jobin Augustine)
Джо Конвей (Joe Conway)
Джон Горман (John Gorman)
Джон Нейлор (John Naylor)
Йон Нельсон (Jon Nelson)
Джон Вольский (Jon Wolski)
Джонатан Аллен (Jonathan Allen)
Джонатан С. Кац (Jonathan S. Katz)
Жульен Рухо (Julien Rouhaud)
Юрген Пуртц (Jürgen Purtz)
Джастин Призби (Justin Pryzby)
КайГай Кохэй (KaiGai Kohei)
Кайтин Чен (Kaiting Chen)
Карл Лехенбауэр (Karl Lehenbauer)
Кит Фиске (Keith Fiske)
Кевин Блох (Kevin Bloch)
Ка Нгуен (Kha Nguyen)
Ким Розе Карлсен (Kim Rose Carlsen)
Константин Книжник (Konstantin Knizhnik)
Кунтал Гхош (Kuntal Ghosh)
Кайл Самсон (Kyle Samson)
Кётаро Хоригути (Kyotaro Horiguchi)
Летиция Аврот (Lætitia Avrot)
Ларс Канис (Lars Kanis)
Лауренц Альбе (Laurenz Albe)
Леонардо Чекки (Leonardo Cecchi)
Людмила Мантрова (Liudmila Mantrova)
Лисиань Цзоу (Lixian Zou)
Ллойд Альбин (Lloyd Albin)
Лука Феррари (Luca Ferrari)
Лукас Фэйрчайлд (Lucas Fairchild)
Лукас Эдер (Lukas Eder)
Лукас Фиттл (Lukas Fittl)
Магнус Хагандер (Magnus Hagander)
Май Пэн (Mai Peng)
Максим Милютин (Maksim Milyutin)
Максим Богук (Maksym Boguk)
Мансур Галиев (Mansur Galiev)
Марк Дилгер (Marc Dilger)
Марко Ненчарини (Marco Nenciarini)
Марина Полякова (Marina Polyakova)
Марио де Фрутос Диерец (Mario de Frutos Dieguez)
Марк Кейв-Айланд (Mark Cave-Ayland)
Марк Дилгер (Mark Dilger)
Марк Вуд (Mark Wood)
Марко Тииккая (Marko Tiikkaja)
Маркус Винанд (Markus Winand)
Мартин Маркес (Martín Marqués)
Масахико Савада (Masahiko Sawada)
Матеус Оливейра (Matheus Oliveira)
Мэтью Стикни (Matthew Stickney)
Метин Дослу (Metin Doslu)
Михаэль Банк (Michael Banck)
Михаэль Мескес (Michael Meskes)

Микаэль Пакье (Michael Paquier)
Михаил Николаев (Michail Nikolaev)
Майк Блэквелл (Mike Blackwell)
Мин-Цюань Тран (Minh-Quan Tran)
Митхун Сай (Mithun Cy)
Морган Оуэнс (Morgan Owens)
Натан Боссарт (Nathan Bossart)
Натан Вагнер (Nathan Wagner)
Нейл Конвей (Neil Conway)
Ник Барнс (Nick Barnes)
Николас Товен (Nicolas Thauvin)
Никхил Сонтакке (Nikhil Sontakke)
Никита Глухов (Nikita Glukhov)
Николай Шаплов (Nikolay Shaplov)
Ной Миш (Noah Misch)
Нориёси Синода (Noriyoshi Shinoda)
Олег Бартунов (Oleg Bartunov)
Олег Самойлов (Oleg Samoilov)
Оливер Форд (Oliver Ford)
Пан Бянь (Pan Bian)
Паскаль Легран (Pascal Legrand)
Патрик Хеммер (Patrick Hemmer)
Патрик Крекер (Patrick Krecker)
Поль Боно (Paul Bonaud)
Пол Гуо (Paul Guo)
Пол Рамсей (Paul Ramsey)
Паван Деоласи (Pavan Deolasee)
Паван Маддамсетти (Pavan Maddamsetti)
Павел Голубь (Pavel Golub)
Павел Стехуле (Pavel Stehule)
Питер Эйзентраут (Peter Eisentraut)
Питер Геохеган (Peter Geoghegan)
Петр Желинек (Petr Jelínek)
Петру-Флорин Миханча (Petru-Florin Mihancea)
Фил Флорент (Phil Florent)
Филипп Бодуэн (Philippe Beaudoin)
Пьер Дюкроке (Pierre Ducroquet)
Пётр Стефанияк (Piotr Stefaniak)
Прабхат Саху (Prabhat Sahu)
Пу Квун (Pu Qun)
Куэль Чжо (QL Zhuo)
Рафия Сабих (Rafia Sabih)
Рахила Съед (Rahila Syed)
Райнер Орт (Rainer Orth)
Раджкумар Рагхуванши (Rajkumar Raghuwanshi)
Рауль Марин Родригес (Raúl Marín Rodríguez)
Регина Обе (Regina Obe)
Ричард Йен (Richard Yen)
Роберт Хаас (Robert Haas)
Робинс Таракан (Robins Tharakan)
Род Тейлор (Rod Taylor)
Рушаб Латиа (Rushabh Lathia)
Райан Мерфи (Ryan Murphy)
Шахап Ашчи (Sahap Ascı)
Самуэль Хорвиц (Samuel Horwitz)
Скотт Уре (Scott Ure)
Шон Джонстон (Sean Johnston)
Шао Брет (Shao Bret)

Шэй Роджански (Shay Rojansky)
Шубхам Барай (Shubham Barai)
Саймон Риггс (Simon Riggs)
Симоне Готти (Simone Gotti)
Шивасубраманьян Рамасубраманьян (Sivasubramanian Ramasubramanian)
Стас Кельвич (Stas Kelvich)
Стефан Кальтенбруннер (Stefan Kaltenbrunner)
Стефан Фройлих (Stephen Froehlich)
Стивен Фрост (Stephen Frost)
Стив Сингер (Steve Singer)
Стивен Винфилд (Steven Winfield)
Свен Кунце (Sven Kunze)
Тайки Кондо (Taiki Kondo)
Такаюки Цунакава (Takayuki Tsunakawa)
Такэси Идэриха (Takeshi Ideriha)
Тацуо Исии (Tatsuo Ishii)
Тацуро Ямада (Tatsuro Yamada)
Фёдор Сигаев (Teodor Sigaev)
Том Браун (Thom Brown)
Томас Келлерер (Thomas Kellerer)
Томас Мунро (Thomas Munro)
Томас Рейсс (Thomas Reiss)
Тобиас Бусман (Tobias Bussmann)
Тодд А. Кук (Todd A. Cook)
Том Казимирс (Tom Kazimiers)
Том Лейн (Tom Lane)
Томаш Вондра (Tomas Vondra)
Томонари Кацумата (Tomonari Katsumata)
Торстен Груст (Torsten Grust)
Тушар Ахуджа (Tushar Ahuja)
Вайшнави Прабакаран (Vaishnavi Prabakaran)
Васундар Боддапати (Vasundhar Boddapati)
Виктор Дробный (Victor Drobny)
Виктор Вагнер (Victor Wagner)
Виктор Егоров (Victor Yegorov)
Вик Фиринг (Vik Fearing)
Винаyak Покале (Vinayak Pokale)
Винсент Лаченал (Vincent Lachenal)
Виталий Гарнашевич (Vitaliy Garnashevich)
Виталий Буровой (Vitaly Burovoy)
Владимир Баранов (Vladimir Baranoff)
Синь Чжан (Xin Zhang)
И Вэнь Вон (Yi Wen Wong)
Йорик Петерс (Yorick Peterse)
Юго Нагата (Yugo Nagata)
Юки Гу (Yuqi Gu)
Юрий Соколов (Yura Sokolov)
Ив Герген (Yves Goergen)
Чжоу Дигоал (Zhou Digoal)

Е.3. Выпуск 10.6

Дата выпуска: 2018-11-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.5. За информацией о нововведениях версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.3.1. Миграция на версию 10.6

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `pg_stat_statements`, прочитайте запись о нём в списке изменений.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.4, см. также Раздел Е.5.

Е.3.2. Изменения

- Корректное заключение в кавычки имён переходных таблиц в командах `CREATE TRIGGER ... REFERENCING`, которые выдаёт `pg_dump` (Том Лейн)

Отсутствием кавычек мог воспользоваться непривилегированный пользователь с целью получения прав суперпользователя при последующем восстановлении выгруженных данных или выполнении `pg_upgrade`. (CVE-2018-16850)

- Устранение сбоев, которые могли возникать в особых случаях в семействе функций `has_объект_privilege()` (Том Лейн)

Эти функции должны возвращать `NULL`, а не выдавать ошибку при получении неверного `OID`. Некоторые из этих функций делали это и прежде, но не все. Кроме того, в функции `has_column_privilege()` на некоторых платформах могли иметь место и другие сбои.

- Исправление функции `pg_get_partition_constraintdef()`, чтобы при получении неверного `OID` отношения не происходил сбой, а выдавался `NULL` (Том Лейн)
- Недопущение замедления порядка $O(N^2)$ в функциях `match/split` с регулярными выражениями при обработке длинных строк (Эндрю Гирт)
- Исправление дефекта в обработке стандартных многосимвольных операторов, следующих непосредственно за комментарием или символами `+` и `-` (Эндрю Гирт)

Следствием данного упущения могли быть ошибки при разборе или неправильное определение приоритета операторов.

- Недопущение замедления порядка $O(N^3)$ при обработке лексическим анализатором длинных строк из символов `+` или `-` (Эндрю Гирт)
- Исправление некорректного выполнения подчинённых планов при сканировании внешнего запроса в обратном направлении (Эндрю Гирт)
- Исправление ошибочного поведения `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF ...` после перемещения курсора (Том Лейн)

Курсор, сканирующий несколько отношений (в частности, дерево наследования), мог работать неправильно, возвращаясь к предыдущему отношению.

- Исправление в функции `EvalPlanQual` обработки узлов `InitPlan`, которые выполняются по условию (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Вследствие ошибки реализации могли возникать сложновоспроизводимые сбои или выдаваться неправильные результаты при одновременных запросах на изменение, содержащих изолированные вложенные `SELECT` в конструкции `CASE`.

- Недопущение создания секции в триггере, присоединённом к родительской таблице (Амит Ланготе)

В идеале такое создание можно было бы разрешить, но в данный момент оно блокируется во избежание сбоев.

- Устранение проблем с применением `ON COMMIT DELETE ROWS` к секционированной временной таблице (Амит Ланготе)
- Исправление проверок классов символов для корректной поддержки в Windows символов Unicode выше `U+FFFF` (Том Лейн, Кэндзи Уно)

Эта ошибка проявлялась в операциях полнотекстового поиска, а также в работе модулей `contrib/ltree` и `contrib/pg_trgm`.

- Недопущение передачи вложенных `SELECT` с оконными функциями, а также с указаниями `LIMIT` или `OFFSET`, параллельным исполнителям (Амит Капила)

В таких случаях поведение могло быть несогласованным из-за того, что разные исполнители получали разные результаты вследствие вариативности в порядке строк.

- Смена владельца последовательности, принадлежащей сторонней таблице, при выполнении `ALTER OWNER` для этой таблицы (Питер Эйзенштаут)

Операция смены владельца должна распространяться и на такие последовательности, но раньше сторонние таблицы она не затрагивала.

- Обеспечение обработки сервером уже полученных прерываний `NOTIFY` и `SIGTERM` до начала ожидания данных от клиента (Джефф Джейнс, Том Лейн)
- Устранение ошибки, приводившей к выделению лишней памяти для строки результатов `array_out()` (Кэйити Хиробэ)
- Предотвращение утечки памяти на время выполнения запроса при работе с `XMLTABLE` (Эндрю Гирт)
- Ликвидация утечки памяти при сканировании индекса `SP-GiST` (Том Лейн)

Сколько-нибудь значительное проявление этой утечки наблюдалось, только когда для ограничения-исключения, использующего `SP-GiST`, в индекс поступало много записей.

- Закрытие файла сопоставлений в `ApplyLogicalMappingFile()` после завершения его использования (Томаш Вондра)

Ранее дескриптор файла терялся, что могло в итоге приводить к сбоям при логическом декодировании.

- Устранение ошибки логического декодирования в случаях, когда сопоставленная таблица каталога постоянно перезаписывается, например, в результате действия `VACUUM FULL` (Андрес Фройнд)
- Предотвращение запуска сервера со значением `wal_level`, недостаточно большим для поддержки существующего слота репликации (Андрес Фройнд)
- Предотвращение сбоя в случаях, когда служебная команда создаёт бесконечную рекурсию (Том Лейн)
- Устранение в процессе инициализации горячего резерва проблемы дублирующихся `XID`, которые образуются при выполнении двухфазных транзакций на ведущем сервере (Микаэль Пакье, Константин Книжник)
- Исправление поведения событийных триггеров при обработке вложенных команд `ALTER TABLE` (Микаэль Пакье, Альваро Эррера)
- Передача параллельным исполнителям времени начала оператора и транзакции от родительского процесса (Константин Книжник)

Тем самым исправлено поведение таких функций, как `transaction_timestamp()`, выполняющихся в параллельном исполнителе.

- Обеспечение корректного выравнивания при передаче расширенных значений данных параллельным исполнителям, что позволяет избежать сбоев на платформах, требовательных к выравниванию (Том Лейн, Амит Капила)
- Исправление логики переработки файла `WAL` для правильного выполнения этой операции на ведомых серверах (Микаэль Пакье)

В зависимости от значения параметра `archive_mode` ведомый сервер мог не удалить некоторые файлы `WAL`, подлежащие удалению.

- Исправление обработки времени фиксации транзакций в процессе восстановления (Масахико Савада, Микаэль Пакье)

Если отслеживание времени фиксации не было включено постоянно, в процессе восстановления мог произойти сбой при попытке получить время фиксации транзакции, для которой оно не было записано.

- Использование случайной затравки для `random()` в `initdb`, а также в сервере, запускаемом в режиме начальной загрузки и в монопольном режиме (Ной Миш)

Практическая польза этого изменения состоит прежде всего в разрешении проблемы, когда программа `initdb` не могла использовать общую память POSIX, считая её недоступной, из-за конфликтов имён, вызванных использованием одинаковой затравки.

- Предотвращение повреждения общей памяти в логике DSA (Томас Мунро)
- Возможность прерывания операции выделения памяти в DSM (Крис Трэверс)
- Предупреждение сбоя в параллельном исполнителе при загрузке расширения, пытающегося обратиться к системным кешам в своей функции инициализации (Томас Мунро)

Мы не считаем это удачным приёмом программирования расширений, но до внедрения параллельных запросов это работало, а значит должно поддерживаться и теперь.

- Исправление поведения при динамическом включении параметра `full_page_writes` (Кётаро Хоригути)
- Недопущение возможного сбоя в результате двойного освобождения памяти при повторном сканировании SP-GiST (Эндрю Гирт)
- Предотвращение некорректной компоновки функций в `src/port` и `src/common` на платформах BSD, использующих формат ELF, а также в HP-UX и Solaris (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Разделяемые библиотеки, загружаемые в адресное пространство сервера, могли использовать серверные версии этих функций, а не собственные реализации, как должно быть. Так как в поведении этих двух наборов функций имеются различия, это приводило к проблемам.

- Предупреждение возможного переполнения буфера при воспроизведении операции распаковки страницы GIN из WAL (Александр Коротков, Шивасубраманьян Рамасубраманьян)
- Предотвращение переполнения метастраницы хеш-индекса в случаях, когда размер `BLCKSZ` меньше значения по умолчанию (Дилип Кумар)
- Добавление ранее упущенного пересчёта контрольной суммы страницы в хеш-индексах (Амит Капила)
- Выполнение операции `fsync`, ранее упущенной, для каталога слотов репликации (Константин Книжник, Микаэль Пакье)
- Устранение неожиданных тайм-аутов при использовании `wal_sender_timeout` на медленном сервере (Ной Миш)
- Исправление вычисления подходящей точки согласованности WAL в процессах горячего резерва (Александр Кукушкин, Микаэль Пакье)

Выбор правильной точки позволяет предотвратить некорректное поведение сразу после того, как ведомый сервер достигает согласованного состояния базы при воспроизведении WAL.

- Корректная остановка фоновых рабочих процессов при получении главным процессом запроса на быстрое отключение до завершения запуска базы (Александр Кукушкин)
- Обновление карты свободного пространства при воспроизведении из WAL изменений флагов замороженных/полностью видимых страниц (Альваро Эррера)

Ранее мы не заботились об этом, считая, что в карте свободного пространства в любом случае нет важной информации. Однако если она сильно устаревает, это может привести к значительному снижению производительности после повышения ведомого сервера до основного. Эта карта в конце концов будет исправлена в результате обновлений, но мы хотим иметь её в

хорошем состоянии раньше, поэтому стоит приложить дополнительные усилия и поддерживать её актуальность при воспроизведении WAL.

- Предотвращение преждевременного освобождения ресурсов параллельных исполнителей по окончании запроса или при достижении предельного числа кортежей (Амит Капила)

В этот момент завершение исполнителя допустимо, только если вызывающий процесс не может запросить обратное сканирование.

- Отказ от вызова обработчиков `atexit` при обработке `SIGQUIT` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение сопоставлений пользователей для сторонних серверов из состава расширений (Том Лейн)

При выполнении `CREATE USER MAPPING` в скрипте расширения для создаваемого сопоставления добавлялась зависимость, чего не должно быть. Сопоставления пользователей, как и роли, не могут быть членами расширений.

- Исправление поведения `syslogger` в случае ошибок при попытке открыть файлы CSV (Том Лейн)
- При передаче в `libpq` нескольких имён узлов они должны разрешаться в DNS не все сразу, а каждое в свою очередь (Том Лейн)

Это предотвращает отказы, которых можно избежать, и замедления подключения после успешного соединения с одним из предыдущих серверов в списке.

- Исправление поведения `libpq`, чтобы тайм-ауты при подключении корректно применялись для отдельного имени или IP-адреса узла (Том Лейн)

Ранее при некоторых условиях таймер при переключении на следующий узел не перезапускался, что могло приводить к преждевременному тайм-ауту.

- Исправление кода `psql`, а также примеров в документации, чтобы функция `PQconsumeInput()` вызывалась перед `PQnotifies()` (Том Лейн)

Тем самым решена проблема, когда `psql` не выдавал полученное сообщение `NOTIFY` до следующей команды.

- Исправление в `pg_dump` обработки ключа `--no-publications`, чтобы с ним также игнорировались таблицы публикации (Жиль Даролд)
- Исключение из выгрузки `pg_dump` идентификационной последовательности при исключении её родительской таблицы (Дэвид Роули)
- Устранение возможной несогласованности при сортировке различных имён объектов в `pg_dump` (Джейкоб Чемпион)
- Исправление `pg_restore`, чтобы при выдаче команд `DISABLE/ENABLE TRIGGER` имя таблицы дополнялось схемой (Том Лейн)

Это предотвращает сбои, возможные при новой политике выполнения восстановления с ограниченным путём поиска.

- В `pg_upgrade` исправлена обработка событийных триггеров в расширениях (Харибабу Комми)

Ранее `pg_upgrade` не сохранял связь событийных триггеров с расширениями.

- Исправление проверки состояния кластера в `pg_upgrade`, чтобы она корректно выполнялась на ведомом сервере (Брюс Момджян)
- Ограничение числа размерностей в значениях `cube` во всех функциях `contrib/cube` (Андрей Бородин)

Ранее в некоторых функциях, связанных с кубами, можно было создать такие значения, которые затем не принимала функция `cube_in()`, что вызывало ошибки при восстановлении выгруженных данных.

- В contrib/pg_stat_statements роли pg_read_all_stats запрещено выполнение pg_stat_statements_reset() (Харибабу Комми)

Роли pg_read_all_stats должно позволяться только чтение статистики, но не её изменение, поэтому разрешение на выполнение этой функции ей было дано некорректно.

Чтобы это изменение вступило в силу, выполните ALTER EXTENSION pg_stat_statements UPDATE в каждой базе данных, где установлено расширение pg_stat_statements.

- Недопущение передачи расширением contrib/postgres_fdw предложений ORDER BY, не содержащих переменных, на удалённый сервер (Эндрю Гирт)
- Исправление функции unaccent() в расширении contrib/unaccent, чтобы она использовала словарь текстового поиска unaccent, находящийся в той же схеме, где и сама функция (Том Лейн)

Ранее она пыталась найти словарь по пути поиска, но могла не обнаружить его, если путь поиска был ограничен.

- Устранение проблем при сборке в macOS 10.14 (Mojave) (Том Лейн)

Усовершенствование скрипта configure, чтобы в CPPFLAGS добавлялся ключ -isysroot; без этого PL/Perl и PL/Tcl нельзя сконфигурировать или собрать в macOS 10.14. Значение sysroot можно переопределить во время конфигурирования или сборки, установив переменную PG_SYSROOT в аргументах configure или make.

Теперь рекомендуется, чтобы для связанных с Perl расширений во флагах компилятора указывалось \$(perl_includespec), а не -I\$(perl_archlibexp)/CORE. Второй вариант по-прежнему будет работать на большинстве платформ, но не в последних macOS.

Также теперь не требуется указывать вручную ключ --with-tclconfig, чтобы собрать PL/Tcl в последних версиях macOS.

- Исправление скриптов сборки с MSVC и регрессионного тестирования для работы с последними версиями Perl (Эндрю Дунстан)

Это изменение вызвано тем, что Perl теперь по умолчанию не включает текущий каталог в свой путь поиска.

- Реализована возможность запускать регрессионные тесты в Windows с учётной записью администратора (Эндрю Дунстан)

Чтобы это было безопасно, pg_regress теперь лишает себя расширенных прав при запуске.

- Снятие запрета на возврат из функций сравнения btree значений INT_MIN (Том Лейн)

До настоящего времени мы не позволяли типозависимым функциям сравнения возвращать INT_MIN, благодаря чему вызывающий код мог сменить порядок сортировки, просто изменив знак результата сравнения. Однако это могло вызывать проблемы с функциями сравнения, возвращающими непосредственно результат memcmp(), strcmp() и подобных функций, так как POSIX не накладывает на него никаких ограничений. Как минимум некоторые последние версии memcmp() могут возвращать INT_MIN, что приводило к нарушению порядка сортировки. В связи с этим мы убрали это ограничение. Там же, где требуется поменять порядок сортировки на противоположный, теперь нужно использовать макрос INVERT_COMPARE_RESULT().

- Устранение риска рекурсии при обработке сообщений об аннулировании общего кеша (Том Лейн)

Эта ошибка могла привести, например, к сбою при обращении к системному каталогу или индексу, который был только что обработан командой VACUUM FULL.

В результате этого изменения функция LockAcquire теперь может возвращать новый код результата, что теоретически может вызвать проблемы при использовании этой функции, хо-

тя для этого схема её использования должна быть весьма необычной. Также был изменён API функции `LockAcquireExtended`.

- Сохранение и восстановление глобальных переменных SPI в `SPI_connect()` и `SPI_finish()` (Чепмен Флэк, Том Лейн)

Это предотвращает накладные расходы, возможные при вызове из одной функции, использующей SPI, другой такой функции.

- Предотвращение использования потенциально невыровненных буферов страниц (Том Лейн)

Добавлены новые типы-объединения `PGAlignedBlock` и `PGAlignedXLogBlock`, которые должны использоваться вместо простых массивов `char`, чтобы компилятор гарантированно выравнивал адрес начала буфера. В результате устраняется риск аварийного сбоя на платформах, чувствительных к выравниванию, и может увеличиться быстродействие даже на тех платформах, где выравнивание не требуется.

- Приведение в `src/port/snprintf.c` значения результата `snprintf()` в соответствие со стандартом C99 (Том Лейн)

На платформах, где этот код используется (в основном в Windows), его несовременное поведение (не соответствующее C99) могло препятствовать выявлению переполнения буфера, если вызывающий код рассчитывал на семантику C99.

- Требование обязательного использования `-msse2` при сборке компилятором `clang` для i386 (Андрес Фройнд)

Тем самым решается проблема отсутствия проверок переполнения при операциях с плавающей точкой.

- Исправление в `configure` проверки, определяющей, результат какого типа возвращает `strerror_r()` (Том Лейн)

Предыдущая реализация давала неправильный ответ при сборке с использованием компилятора `icc` в Linux (возможно, и в других случаях), в результате чего `libpq` не выдавала полезные сообщения при возникновении системных ошибок.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018g`, включающее изменений правил перехода на летнее время в России (Волгограде), Чили, Марокко и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Китая, Гавайев, Японии, Макао и Северной Кореи.

Е.4. Выпуск 10.5

Дата выпуска: 2018-08-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.4. За информацией о нововведениях версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.4.1. Миграция на версию 10.5

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.4, см. также Раздел Е.5.

Е.4.2. Изменения

- Осуществление полного сброса состояния `libpq` между попытками соединения (Том Лейн)

Непривилегированный пользователь `dblink` или `postgres_fdw` мог обойти проверки, предназначенные для предотвращения использования учётных данных на стороне сервера, например, файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю ОС, от имени которого работа-

ет сервер. В частности, уязвимость затрагивает серверы, принимающие локальные подключения с методом `peer`. Возможны были и другие атаки, например, SQL-инъекции в сеансе `postgres_fdw`. Для атаки на `postgres_fdw` через эту уязвимость пользователь должен был иметь возможность создавать объект стороннего сервера с нужными параметрами подключения, но атаку на `dblink` мог произвести любой пользователь, имеющий к нему доступ. Вообще любой пользователь, имеющий возможность менять параметры подключения для приложения на базе `libpq`, мог производить непредусмотренные действия, но другие эффективные сценарии эксплуатации этого сложно придумать. Мы благодарим Андрея Красичкова за сообщение о данном дефекте. (CVE-2018-10915)

- Исправление поведения `INSERT ... ON CONFLICT UPDATE` с более сложным представлением, чем просто `SELECT * FROM ...` (Дин Рашид, Амит Ланготе)

Ошибочное развёртывание изменяемого представления могло приводить к сбоям или ошибкам «`attribute ... has the wrong type`» (атрибут ... имеет неверный тип), если список `SELECT` представления не соответствовал в точности списку столбцов нижележащей таблицы. Более того, разлив атаку через эту уязвимость, злоумышленник мог изменять столбцы, не имея для них права `UPDATE`, но имея права `INSERT` и `UPDATE` для некоторых других столбцов в таблице. Любой пользователь также мог эксплуатировать её для раскрытия содержимого памяти сервера. (CVE-2018-10925)

- Обеспечение своевременного изменения полей `relfrozenxid` и `relminmxid` в «зафиксированных» системных каталогах (Андрес Фройнд)

Из-за чрезмерно оптимистичного кеширования эти изменения могли оказаться невидимыми для других сеансов, что приводило к случайным ошибкам и/или разрушению данных. Для общих каталогов, таких как `pg_authid`, проблема была ещё острее, так как устаревшие кешированные данные могли попадать в новые сеансы и оставаться в существующих.

- Исправление поведения в ситуации, когда недавно повышенный сервер аварийно завершается до окончания обработки первой контрольной точки после восстановления (Микаэль Пакье, Кётаро Хоригути, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

В такой ситуации сервер не считал, что при последующем воспроизведении WAL было достигнуто согласованное состояние базы данных, и это препятствовало его перезапуску.

- Исключение выдачи фантомной записи WAL при переработке полностью нулевой страницы индекса `btree` (Амит Капила)

Эта ошибка проявлялась в сбоях проверочных утверждений и могла приводить к неоправданным отменам запросов на серверах горячего резерва.

- При воспроизведении WAL добавлена защита от некорректной длины записи, превышающей 1 ГБ (Микаэль Пакье)

Подобные данные должны считаться некорректными. Ранее код пытался выделить такой объём и получал критическую ошибку, что делало восстановление невозможным.

- При завершении восстановления запись в файл истории линии времени должна откладываться, насколько это возможно (Хейкки Линнакангас)

Это позволяет избежать ситуаций с несогласованностью состояния линии времени на диске, возникавших при сбое в процессе очистки после восстановления (например, при проблеме с файлом двухфазного состояния).

- Увеличение скорости воспроизведения WAL для транзакций, удаляющих множество отношений (Фудзии Масао)

В результате этого изменения уменьшается число сканирований общих буферов, поэтому эффект от данного изменения тем больше, чем больше значение `shared_buffers`.

- Увеличение скорости освобождения блокировки при воспроизведении WAL ведомым сервером (Томас Мунро)

- Обеспечение согласованной передачи состояния логической трансляции передатчиками WAL (Саймон Риггс, Савада Масахико)

Ранее код не мог правильно определить, удалось ли нагнать вышестоящий сервер.

- Обеспечение наличия снимка при выполнении функций ввода типа данных в подписчиках логической репликации (Мин-Цюань Тран, Альваро Эррера)

Отсутствие снимка в некоторых случаях приводило к сбоям, например, при вводе доменов с ограничениями, определяемыми функциями на языке SQL.

- Устранение дефектов в процедуре обработки снимков при логическом декодировании, приводивших к ошибкам декодирования в редких случаях (Арсений Шер, Альваро Эррера)
- Добавление обработки подтранзакций в рабочих процессах синхронизации таблиц при логической репликации (Амит Хандекар, Роберт Хаас)

Ранее синхронизация таблицы могла выполняться некорректно в случае отката подтранзакций после модификации синхронизируемой таблицы.

- Обеспечение корректного сброса кешированного списка индексов таблицы после сбоя при создании индекса (Питер Геохеган)

Ранее в этом списке могли оставаться OID нерабочих индексов, что могло приводить к проблемам в том же сеансе.

- Исправление некорректной обработки пустых несжатых страниц списка идентификаторов в индексах GIN (Шивасубраманьян Рамасубраманьян, Александр Коротков)

Это могло привести к сбою проверочного утверждения после выполнения `pg_upgrade` для индексов GIN версии до 9.4 (в 9.4 и последующих версиях такие страницы не создаются).

- Выравнивание массивов безымянных семафоров POSIX для уменьшения разделения линий кеша (Томас Мунро)

Это снижает конкуренцию в многопроцессорных системах и устраняет падение производительности (наблюдаемое в сравнении с предыдущими выпусками) в Linux и FreeBSD.

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе, производящем параллельное сканирование индекса (Амит Капила)

Ранее параллельные исполнители могли «зависать», ожидая блокировки страницы индекса, и не замечать сигналы прерывания запроса.

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе `VACUUM` в цикле удаления страниц B-дерева (Андрес Фройнд)

С испорченными индексами `btree` цикл мог оказаться бесконечным, и прервать его можно было только аварийно отключив сервер.

- Исправление ошибки с оценкой стоимости соединения по хешу при оптимизации `inner_unique` (Дэвид Роули)

Это могло приводить к выбору неудачного плана запроса, когда применялась эта оптимизация.

- Исправление некорректной оптимизации классов эквивалентности со столбцами составного типа (Том Лейн)

Вследствие данной ошибки сервер не понимал, что индекс по составному столбцу может обеспечить порядок сортировки, необходимый для соединения слиянием с данным столбцом.

- Исправление планировщика с целью устранения ошибок «ORDER/GROUP BY expression not found in targetlist» (выражение ORDER/GROUP BY не найдено в целевом списке) при выполнении некоторых запросов с функциями, возвращающими множества (Том Лейн)

- Исправление обработки ключей секционирования с типами данных, которые используют полиморфный класс операторов `btree`; например, это касается массивов (Амит Ланготе, Альваро Эррера)
- Исправление синтаксиса конструкции SQL-стандарта `FETCH FIRST`, чтобы она принимала $(\$n)$, как того требует стандарт (Эндрю Гирт)
- Удаление недокументированного ограничения, не допускающего дублирования столбцов в ключах разбиения (Юго Нагата)
- Недопущение использования временных таблиц в качестве секций не временных, а обычных таблиц (Амит Ланготе, Микаэль Пакье)

Ранее такое использование разрешалось, но работало ненадёжно.

- Исправление в `EXPLAIN` учёта использования ресурсов, в частности, обращений к буферам (Амит Капила, Томас Мунро)
- Исправление поведения `SHOW ALL`, чтобы эта команда показывала все параметры членам роли `pg_read_all_settings` и позволяла этим пользователям видеть имя файла и номер строки в представлении `pg_settings` (Лоренц Альбе, Альваро Эррера)
- Корректное добавление схемы к именам ряда объектов в выводе `getObjectDescription` и `getObjectIdentity` (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

Имена правил сортировки, преобразований, объектов текстового поиска, отношений публикаций и объектов расширенной статистики не дополнялись схемой, тогда как должны были.

- Исправление проверки типа `CREATE AGGREGATE` с тем, чтобы к агрегатам с переменными аргументами можно было присоединять функции поддержки распараллеливания (Алексей Баштанов)
- Расширение счётчика строк в команде `COPY FROM` с 32 до 64 бит (Дэвид Роули)

Тем самым были решены две проблемы с входными данными, содержащими более 4G строк: `COPY FROM WITH HEADER` терял одну строку на каждые 4G строк (не только первую), а в сообщениях об ошибках выводилось неверное количество строк.

- Восстановление возможности удаления слотов репликации в однопользовательском режиме (Альваро Эррера)

Она была непреднамеренно утрачена в выпуске 10.0.

- Исправление некорректных результатов функции `variance(int4)` и связанных агрегатов при работе в параллельном режиме агрегирования (Дэвид Роули)
- Внесение корректив в обработку узлов `TEXT` и `CDATA` в выражениях столбцов `xmltable()` (Маркус Винанд)
- Защита от возможной ошибки в функции `OpenSSL RAND_bytes()` (Дин Рашид, Микаэль Пакье)

При редких обстоятельствах это упущение могло приводить к отказам с сообщением «could not generate random cancel key» (не удалось сгенерировать случайный ключ отмены), устранить которые можно было, только перезапустив главный процесс.

- Исправление поведения `libpq` в некоторых случаях, когда задаётся `hostaddr` (Хари Бабу, Том Лейн, Роберт Хаас)

Функция `PQhost()` в некоторых случаях выдавала некорректные или вводящие в заблуждение результаты. Теперь она единообразно возвращает имя узла (если оно указано), или адрес узла (если указан только он), или имя узла по умолчанию (обычно `/tmp` либо `localhost`, если опущены оба параметра).

Также при проверке сертификата SSL с именем сервера могло сравниваться неправильное значение.

Кроме того, поле с именем узла в `~/.pgpass` могло сравниваться с неправильным значением. Теперь это поле сравнивается с именем сервера (если оно указано), либо с его адресом (если указан только он), либо с `localhost` (если опущены оба параметра).

Помимо этого, когда значение `hostaddr` нельзя было разобрать, выдавалось неправильное сообщение об ошибке.

А когда параметры `host`, `hostaddr` или `port` содержат списки через запятую, `libpq` теперь аккуратнее обрабатывает пустые элементы списков (воспринимая их как значения по умолчанию).

- Добавление в библиотеку `espg` `pgtypes` функции освобождения строк для исключения проблем с управлением памятью в разных модулях (Такаюки Цунакава)

В Windows могут происходить сбои, если вызов `free` для некоторого блока памяти производится не из той DLL, которая выделила память (с помощью `malloc`). Библиотека `pgtypes` иногда возвращает строки, которые должен освободить вызывающий код, и сделать это корректно оказывается невозможно. Добавленная функция `PGTYPESchar_free()` является просто обёрткой `free`, позволяющей приложениям произвести освобождение по правилам.

- Исправление поддержки в `espg` переменных `long long` в Windows, а также на других платформах, где `strtoll/strtoull` объявлены нестандартно или не объявлены вовсе (Хыонг Дангминь, Том Лейн)
- Исправление ошибки с определением типа SQL-оператора в PL/pgSQL, когда изменение правила приводило к изменению семантики оператора в рамках сеанса (Том Лейн)

Эта ошибка приводила к сбоям проверочных утверждений или, в редких случаях, к тому, что указание `INTO STRICT` не работало должным образом.

- Исправление запроса пароля в клиентских программах, чтобы отображение корректно отключалось в Windows, когда `stdin` — не терминал (Мэтью Стикни)
- Доработка исправления некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Том Лейн)

Предыдущее исправление для заключения в кавычки значения `search_path` и других переменных со списками в выводе `pg_dump`, как оказалось, привело к ошибкам со списками с пустыми элементами и риску потери части длинных файловых путей.

- В `pg_dump` устранено упущение, когда свойства `REPLICA IDENTITY` для индексов ограничений не выгружались (Том Лейн)

Уникальные индексы, созданные вручную, помечались корректно, а индексы, созданные ограничениями `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` — нет.

- В `pg_upgrade` теперь правильно проверяется, что старый сервер был выключен штатно (Брюс Момджян)

Ранее проверка могла сработать некорректно при выключении сервера в незамедлительном режиме.

- Исправление в `contrib/hstore_plperl` просмотра скалярных ссылок Perl и предотвращение сбоя в случае, если не удаётся найти хеш-ссылку там, где она ожидается (Том Лейн)
- Устранение сбоя в функции модуля `contrib/ltree` при получении на вход пустого массива (Пьер Дюкроке)
- Исправление обработки ошибок в ряде мест, где мог выдаваться некорректный код ошибки (Микаэль Пакье, Том Лейн, Магнус Хагандер)
- Переоформление скриптов Makefile для обеспечения компоновки программ с собранными в том же дереве библиотеками (например, `libpq.so`), а не с теми, что могут уже находиться в системных каталогах библиотек (Том Лейн)

Это позволяет избежать проблем при сборке на платформах, где представлены старые версии библиотек PostgreSQL.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2018e, включающее изменение правил перехода на летнее время в Северной Корее, а также корректировку исторических данных для Чехословакии.

В это обновление вошло переопределение «летнего времени», которое действует в Ирландии, а также действовало в прошлом в Намибии и в Чехословакии. В этих юрисдикциях стандартное время действует летом, а время для экономии света — зимой, поэтому при переходе на это время сдвиг производится на час назад, а не на час вперёд. Это не влияет ни на фактическое смещение от UTC, ни на используемое сокращение часового пояса; эта особенность проявляется лишь в том, что в таких случаях столбец `is_dst` в представлении `pg_timezone_names` будет содержать `true` для зимнего периода, и `false` для летнего.

Е.5. Выпуск 10.4

Дата выпуска: 2018-05-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.3. За информацией о нововведениях 10 версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.5.1. Миграция на версию 10.4

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `adminpack`, его нужно обновить, следуя указаниям в первой записи в списке изменений.

Кроме того, если вас касаются ошибки с пометкой функций, описанные во второй и третьей записи ниже, потребуются дополнительные действия для исправления каталогов баз данных.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.3, см. также Раздел Е.6.

Е.5.2. Изменения

- Лишение роли `public` права на выполнение функции `pg_logfile_rotate()` из `contrib/adminpack` (Стивен Фрост)

Функция `pg_logfile_rotate()` является устаревшей оболочкой функции ядра `pg_rotate_logfile()`. Когда в последней была удалена жёсткая проверка суперпользователя, чтобы доступ к этой функции ограничивался правами SQL, эти изменения следовало отразить и в `pg_logfile_rotate()`, но это было упущено. Таким образом, с установленным расширением `adminpack` любой пользователь мог запросить прокрутку файла журнала, что можно считать некритичным нарушением безопасности.

После установки этого обновления администраторы должны обновить `adminpack`, выполнив `ALTER EXTENSION adminpack UPDATE` в каждой базе данных, где установлен `adminpack`. (CVE-2018-1115)

- Исправление некорректных пометок изменчивости для нескольких встроенных функций (Томас Мунро, Том Лейн)

Функции `query_to_xml`, `cursor_to_xml`, `cursor_to_xmlschema`, `query_to_xmlschema` и `query_to_xml_and_xmlschema` должны были считаться изменчивыми, так как они выполняют пользовательские запросы, в которых могут быть изменчивые операции. Однако они не были помечены должным образом, что было чревато неправильной оптимизацией запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохранятся. При практическом

использовании этих функций риск кажется небольшим, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в `pg_proc`. Например: `ALTER FUNCTION pg_catalog.query_to_xml(text, boolean, boolean, text) VOLATILE`. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись `pg_upgrade`.

- Исправление некорректных пометок параллельно-безопасности для нескольких встроенных функций (Thomas Munro, Tom Lane)

Функции `brin_summarize_new_values`, `brin_summarize_range`, `brin_desummarize_range`, `gin_clean_pending_list`, `cursor_to_xml`, `cursor_to_xmlschema`, `ts_rewrite`, `ts_stat`, `binary_upgrade_create_empty_extension` и `pg_import_system_collations` должны были считаться параллельно-небезопасными, так как одни из них непосредственно модифицируют базу данных, а другие выполняют пользовательские запросы, которые могут это делать. Они были некорректно помечены как параллельно-безопасные, что могло приводить к неожиданным ошибкам запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохраняются. При практическом использовании этих функций риск кажется небольшим, если только не включён режим `force_parallel_mode`, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в `pg_proc`. Например: `ALTER FUNCTION pg_catalog.brin_summarize_new_values(regclass) PARALLEL UNSAFE`. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись `pg_upgrade`.

- Предотвращение повторного использования для TOAST идентификаторов OID, соответствующих уже неактуальным, но ещё не очищенным записям TOAST (Паван Деоласи)

После заикливания счётчика OID имеется возможность использования для значения TOAST идентификатора OID, соответствующего ранее удалённой записи в той же таблице TOAST. Если запись не была очищена к тому времени, это приводило к ошибкам «unexpected chunk number 0 (expected 1) for toast value `nnnnn`» (неожиданный номер порции 0 (ожидался 1) для значения TOAST `nnnnn`), которые сохранялись до удаления неактуальной записи командой `VACUUM`. В качестве решения выбор таких OID при создании новых записей TOAST теперь исключается.

- Корректная проверка всех ограничений `CHECK` для отдельных секций при выполнении `COPY` в секционированную таблицу (Эцуро Фудзита)

Ранее проверялись только ограничения, заданные для секционированной таблицы в целом.

- Допущение значений `TRUE` и `FALSE` в качестве границ секции (Амит Ланготе)

Ранее для логического секционирующего столбца принимались только строковые литералы, но `pg_dump` выводит эти значения как `TRUE/FALSE`, что приводило к ошибкам при выгрузке/загрузке данных.

- Исправление работы с памятью в функциях сравнения ключей секционирования (Альваро Эррера, Амит Ланготе)

Эта ошибка могла приводить к сбоям при использовании для ключей секционирования классов операторов, определённых пользователем.

- Устранение возможности сбоя при добавлении запросом кортежей в несколько секций секционированной таблицы, когда эти секции имеют разные типы строк (Эцуро Фудзита, Амит Ланготе)
- Изменение алгоритма `ANALYZE` в части модификации `pg_class.reltuples` (Дэвид Гулд)

Ранее плотность кортежей могла обновляться только для страниц, прошедших обработку `ANALYZE`, для остальных плотность считалась прежней. В большой таблице, где `ANALYZE` выбирает лишь небольшой процент страниц, это означает, что возможно лишь незначительное изменение общей оценки плотности кортежей, и поэтому `reltuples` будет меняться практиче-

ски пропорционально изменениям физического размера таблицы (`relpages`) вне зависимости от того, что фактически происходит в таблице. В результате может наблюдаться настолько большое увеличение `reltuples` по сравнению с реальностью, что автоматическая очистка практически отключается. Для исправления этой ошибки принимается, что выборка `ANALYZE` является статистически несмещённой (какой она и должна быть), и наблюдаемая в ней плотность просто экстраполируется на всю таблицу.

- Включение объектов расширенной статистики в набор свойств таблицы, копируемых конструкцией `CREATE TABLE ... LIKE ... INCLUDING ALL` (Дэвид Роули)

Также добавлено указание `INCLUDING STATISTICS` для явного управления включением этой информации.

- Исправление работы `CREATE TABLE ... LIKE` со столбцами идентификации типа `bigint` (Питер Эйзентраут)

На платформах, где `long` имеет размер 32 бита (что включает 64-битные Windows, а также большинство 32-битных систем), копируемые параметры последовательностей усекались до 32 бит.

- Предупреждение взаимоблокировок в параллельных командах `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, выполняемых на уровнях изоляции `SERIALIZABLE` и `REPEATABLE READ` (Том Лейн)
- Устранение возможности замедленного выполнения `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY` (Томас Мунро)
- Устранение ошибки в `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF` в случае, когда задействованный курсор использует план сканирования только индекса (Юго Нагата, Том Лейн)
- Исправление некорректного планирования, когда предложения соединения передавались в параметризованные пути (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Эта ошибка могла привести к неправильной классификации условия как «фильтра соединения» для внешнего соединения, тогда как оно должно быть простым «фильтром», и в итоге мог получиться некорректный результат соединения.

- Устранение возможности некорректного построения плана сканирования только индекса в случаях, когда один столбец таблицы фигурирует в нескольких индексах, но не во всех этих индексах используются классы операторов, которые могут выдать значение столбца (Кётаро Хоригути)
- Исправление некорректной оптимизации ограничений `CHECK` с гарантированными `NULL`-подвыражениями в условиях верхнего уровня `AND/OR` (Том Лейн, Дин Рашид)

В результате, например, ограничение-исключение могло исключить из запроса дочернюю таблицу, которая не должна быть исключена.

- Предотвращение сбоя планировщика в случаях, когда запрос содержит несколько наборов `GROUPING SETS`, и ни один из них нельзя получить сортировкой (Эндрю Гирт)
- Устранение сбоя исполнителя в результате двойного освобождения памяти с некоторыми вариантами использования `GROUPING SET` (Питер Геохеган)
- Исправление некорректного выполнения замкнутого соединения переходных таблиц (Томас Мунро)
- Предотвращение сбоя в случае, когда триггер события перезаписи таблицы добавляется одновременно с выполнением команды, которая может вызвать такой триггер (Альваро Эррера, Эндрю Гирт, Том Лейн)
- Предотвращение ошибки при прерывании запроса или прекращении сеанса в момент фиксации подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Ликвидация утечки памяти на время выполнения запроса в последовательно выполняемых соединениях по хешу (Том Лейн)

- Устранение возможных утечек или двойного освобождения закреплений буферов карты видимости (Амит Капила)
- Устранение неоправданной пометки страниц как полностью видимых (Дэн Вуд, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

Это могло происходить при блокировании (но не удалении) некоторых кортежей. Хотя запросы будут продолжать выполняться корректно, процедура очистки обычно игнорирует такие страницы, вследствие чего кортежи на них никогда не будут замораживаться. В последних выпусках это в конце концов приведёт к появлению ошибок вида «found multixact *nnnnn* from before relminmxid *nnnnn*» (найдена мультитранзакция *nnnnn*, предшествующая relminmxid *nnnnn*).

- Исправление излишне строгой проверки в `heap_prepare_freeze_tuple` (Альваро Эррера)

Это могло приводить к необоснованной ошибке «cannot freeze committed xmax» (не удаётся заморозить зафиксированный xmax) в базах данных, обновлённых с помощью `pg_upgrade` с версии 9.2 или старше.

- Устранение потери указателя в случаях, когда написанный на C триггер, выполняемый до изменения строки, возвращает старый кортеж («old») (Рушад Латиа)
- Понижение уровня блокировки при планировании работы автоочистки (Джефф Джейнс)

Предыдущее поведение создавало значительные препятствия для параллельного выполнения рабочих процессов в базах, содержащих множество таблиц.

- Обеспечение копирования имени клиентского компьютера при копировании данных `pg_stat_activity` в локальную память (Эдмунд Хорнер)

Ранее предположительно локальный экземпляр содержал указатель на разделяемую память, вследствие чего содержимое поля с именем клиентского компьютера могло неожиданно измениться при отключении какого-либо сеанса.

- Корректная обработка информации `pg_stat_activity` для вспомогательных процессов (Эдмунд Хорнер)

Поля `application_name`, `client_hostname` и `query` для таких процессов могли содержать неверные данные.

- Исправление некорректной обработки нескольких составных аффиксов в словарях `ispell` (Артур Закиров)
- Исправление поиска (то есть сканирования индекса с операторами неравенства), зависящего от правила сортировки, в индексах SP-GiST, построенных по текстовым столбцам (Том Лейн)

Такой поиск мог возвращать неправильный набор строк для большинства правил сортировки, отличных от C.

- Предотвращение утечки памяти на время выполнения запроса в классах операторов SP-GiST, использующих переходящие значения (Антон Дигнос)
- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при изначальном построении индекса SP-GiST (Томаш Вондра)

Ранее количество кортежей в индексе считалось равным количеству кортежей в нижележащей таблице, что неверно в случае частичного индекса.

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при очистке индекса GiST (Андрей Бородин)

Ранее оно считалось равным примерному количеству кортежей в куче, что провоцировало неточность и определённо было ошибочным в случае частичного индекса.

- Исправление поведения в особом случае, когда ведомый реплицирующий сервер «застревал» на записи продолжения WAL (Кётаро Хоригути)

- При логическом декодировании приняты меры во избежание двойной обработки данных WAL при перезапуске передатчика WAL (Крейг Рингер)
- Исправление механизма логической репликации, чтобы он не полагался на совпадение OID типов между локальным и удалённым серверами (Масахико Савада)
- Поддержка использования `scalarltset` и `scalargtset` с расширенными типами данных (Томаш Вондра)
- Уменьшение потребления памяти `libpq` в случаях, когда сервер выдаёт ошибку после получения большого объёма результата запроса (Том Лейн)

Полученный ранее результат должен быть отброшен до, а не после обработки ошибки. На некоторых платформах, в частности в Linux это может влиять на то, сколько памяти будет занимать приложение.

- Устранение сбоев в `esrg`, вызванных двойным освобождением памяти (Патрик Крекер, Дживан Ладхе)
- Исправление обработки переменных `long long int` в `esrg`, собранном с использованием MSVC (Михаэль Мескес, Эндрю Гирт)
- Исправление некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Переменные `local_preload_libraries`, `session_preload_libraries`, `shared_preload_libraries` и `temp_tablespaces` не заключались в кавычки корректно в выводе `pg_dump`. Это могло приводить к проблемам, если эти переменным присваивались значения в конструкциях `CREATE FUNCTION ... SET` или `ALTER DATABASE/ROLE ... SET`.

- Предотвращение отказа `pg_recvlogical` при подключении к серверам PostgreSQL до 10 версии (Микаэль Пакье)

В результате предыдущего исправления программа `pg_recvlogical`, не проверяя версию сервера, выдавала команду, которая должна предназначаться только серверам версии 10 и новее.

- Исправление поведения `pg_rewind`, чтобы на целевом сервере удалялись файлы, которые могли быть удалены в процессе выполнения на исходном сервере (Такаюки Цунакава)

В противном случае на целевом сервере могла нарушаться согласованность данных, особенно если это был файл сегмента WAL.

- Исправление в `pg_rewind` обработки таблиц в дополнительных табличных пространствах (Такаюки Цунакава)
- Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

Ранее с некоторыми компиляторами, отличными от gcc, переполнение переменной цикла не проверялось, в результате чего цикл оказывался бесконечным.

- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзен-траут)
- Поддержка тестирования PL/Python и связанных модулей при сборке с использованием Python 3 и MSVC (Эндрю Дунстан)
- Устранение ошибок при изначальном построении индексов `contrib/bloom` (Томаш Вондра, Том Лейн)

Предотвращение возможного исчезновения последнего кортежа таблицы из индекса. Исправление подсчёта количества кортежей в частичных индексах.

- Переименование функций `b64_encode` и `b64_decode` во избежание конфликта со встроенными функциями Solaris 11.4 (Райнер Орт)

- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией 2018e (Том Лейн)

В этой версии усовершенствован компилятор данных часовых поясов `zic` для работы с отрицательными смещениями при переходе на летнее время. Хотя проект PostgreSQL в настоящее время не предоставляет такие данные часовых поясов, `zic` может применяться с данными, полученными непосредственно от IANA, поэтому кажется разумным обновить `zic` сейчас.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018d`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Палестине и Антарктиде (станция Кейси), плюс корректировку исторических данных для Португалии и её колоний, а также Уругвая и островов Эндербери, Ямайка, Теркс и Кайкос.

Е.6. Выпуск 10.3

Дата выпуска: 2018-03-01

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.2. За информацией о нововведениях 10 версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.6.1. Миграция на версию 10.3

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей СУБД не все пользователи взаимно доверяют друг другу либо если вы поддерживаете приложение или расширение, предназначенное для использования в произвольных ситуациях, настоятельно рекомендуется прочитать об изменениях в первой записи ниже и предпринять соответствующие действия для защиты вашей инсталляции или кода.

Также изменения, описанные во втором пункте списка ниже, могут приводить к сбоям функций, используемых в индексных выражениях или материализованных представлениях, во время автоматического анализа или при восстановлении выгруженных данных. Поэтому после обновления проверьте журнал сервера на предмет подобных проблем и исправьте затронутые функции.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.2, см. Раздел Е.7.

Е.6.2. Изменения

- Добавление в документацию информации о настройке серверов и приложений для защиты от атак с внедрением троянского кода через путь поиска (Ной Миш)

Когда используется значение `search_path`, включающее схемы, доступные для записи злонамеренному пользователю, он может перехватывать управление над выполнением запросов и затем запускать произвольный SQL-код с правами атакуемого пользователя. Хотя есть возможность составлять запросы, защищённые от подобного перехвата, это требует кропотливой работы, и при этом очень легко что-то упустить. Поэтому мы рекомендуем использовать конфигурации, в которых пути поиска не могут включать недоверенные схемы. Соответствующая информация добавлена в Подраздел 5.8.6 (для пользователей и администраторов баз данных), Раздел 34.1 (для разработчиков приложений), Подраздел 38.16.1 (для разработчиков расширений) и `CREATE FUNCTION` (для разработчиков функций с характеристикой `SECURITY DEFINER`). (CVE-2018-1058)

- Предотвращение использования небезопасных значений `search_path` в `pg_dump` и других клиентских программах (Ной Миш, Том Лейн)

`pg_dump`, `pg_upgrade`, `vacuumdb` и другие приложения, предоставляемые PostgreSQL, были уязвимы для перехвата выполнения, описанного в предыдущем пункте; так как эти приложения обычно запускаются суперпользователями, они представляли собой привлекательные средства для атаки. Чтобы защитить их вне зависимости от того, защищена ли вся инсталляция в целом, они были изменены так, чтобы для них параметр `search_path` содержал только `pg_catalog`. Теперь это так же касается и рабочих процессов автоочистки.

В случаях, когда этими программами неявно вызываются определённые пользователем функции — например, это могут быть пользовательские функции в выражениях индексов — более строгое значение `search_path` может приводить к ошибкам, которые потребуются исправить так, чтобы эти функции никак не зависели от пути поиска, с которым они выполняются. Это всегда рекомендовалось делать, но сейчас это необходимо для корректного поведения. (CVE-2018-1058)

- Предотвращение попыток логической репликации передавать изменения в непубликуемых отношениях (Питер Эйзенраут)

Публикация всех таблиц (с пометкой `FOR ALL TABLES`) могла некорректно передавать изменения в материализованных представлениях и таблицах `information_schema`, которые не должны попадать в поток изменений.

- Исправление некорректного поведения перепроверок одновременных изменений со ссылками CTE, фигурирующими во внутренних планах (Том Лейн)

Если ссылка на CTE (содержимое предложения `WITH`) использовалась в `InitPlan` или `SubPlan`, и запросу требовалось провести перепроверку из-за попытки изменения или блокировки одновременно изменяемой строки, могли быть получены неверные результаты.

- Устранение сбоев планировщика при перекрывающихся предложениях соединения слиянием во внешнем соединении (Том Лейн)

Эти дефекты приводили в особых случаях к ошибкам планировщика «left and right pathkeys do not match in mergejoin» (нарушено соответствие левых и правых ключей пути в соединении слиянием) или «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния).

- Исправление ошибки в `pg_upgrade`, когда не удавалось сохранить `relfrozenxid` для материализованных представлений (Том Лейн, Андрес Фройнд)

Данное упущение могло приводить к разрушению данных в материализованных представлениях после обновления. Это могло проявляться в ошибках «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции) или «found xmin from before relfrozenxid» (найден `xmin` перед `relfrozenxid`). Эта проблема была более вероятна в редко обновляемых материализованных представлениях или в представлениях, обновляемых только командой `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY`.

Если такое разрушение имело место, его можно исправить, обновив материализованное представление (без указания `CONCURRENTLY`).

- Исправление некорректного вывода `pg_dump` для некоторых граничных значений последовательностей (Алексей Баштанов)
- Исправление неправильной обработки в `pg_dump` объектов `STATISTICS` (Том Лейн)

Схема объекта расширенной статистики неправильно помечалась в оглавлении таблицы выгружаемых данных, что могло приводить к некорректным результатам при восстановлении отдельных схем. Также некорректно восстанавливалась информация о владельце. Кроме того, логика работы изменена так, чтобы объекты статистики выгружались/восстанавливались или нет как независимые объекты, без учёта того, производится ли выгрузка/восстановление таблицы, к которой они привязаны. Исходное определение не должно распространяться на планируемое будущее расширение статистики нескольких таблиц.

- Исправление некорректной обработки имён функций PL/Python в стеках ошибки `CONTEXT` (Том Лейн)

Ошибка, произошедшая во вложенном вызове функции PL/Python (то есть функции, вызванной через SPI-запрос из другой функции PL/Python), могла привести к тому, что в трассировке стека вместо ожидаемого результата имя внутренней функции фигурировало дважды. Также

ошибка во вложенном блоке PL/Python DO могла привести к обращению по нулевому указателю на некоторых платформах.

- Максимальное значение `log_min_duration` для `contrib/auto_explain` доведено до `INT_MAX`, что составляет около 24 суток вместо 35 минут (Том Лейн)
- Для разнообразных переменных GUC добавлена пометка `PGDLLIMPORT` в целях облегчения переноса модулей расширений в Windows (Метин Дослу)

Е.7. Выпуск 10.2

Дата выпуска: 2018-02-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.1. За информацией о нововведениях 10 версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.7.1. Миграция на версию 10.2

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете оператор `~>` расширения `contrib/cube`, прочитайте ниже запись о нём.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 10.1, см. Раздел Е.8.

Е.7.2. Изменения

- Исправление обработки ключей секционирования, содержащих несколько выражений (Альваро Эррера. Дэвид Роули)

Эта ошибка приводила к сбоям или, со специально сконструированными данными, к раскрытию произвольного содержимого памяти обслуживающего процесса. (CVE-2018-1052)

- Временные файлы, создаваемые программой `pg_upgrade`, должны быть недоступны для чтения всеми пользователями (Том Лейн, Ной Миш)

Программа `pg_upgrade` обычно ограничивает доступ к своим временным файлам, чтобы их мог читать и записывать только запускающий её пользователь. Но временные файлы, содержащие вывод `pg_dumpall -g` могли быть доступны для чтения группе или всем пользователям, а возможно и для записи, если это допускало значение `umask` этого пользователя. При типичном использовании в многопользовательских системах `umask` и/или разрешения в рабочем каталоге достаточно жёсткие и эта проблема неактуальна; но `pg_upgrade` может использоваться и в сценариях, где это упущение могло привести, например, к утечке паролей баз данных. (CVE-2018-1053)

- Исправление очистки кортежей, которые были изменены при установленной блокировке разделяемого ключа (Андрес Фройнд, Альваро Эррера)

В некоторых случаях операция `VACUUM` не удаляла такие кортежи, даже когда они теряли актуальность, что приводило к различным сценариям повреждения данных.

- Исправление упущения, когда метастраница хеш-индекса не помечалась как «грязная» после добавления новой страницы переполнения, что могло приводить к порче индекса (Лисянь Цзоу, Амит Капила)
- Осуществление очистки очереди добавлений индекса GIN при выполнении `VACUUM` (Масахико Савада)

Это необходимо для гарантированного удаления неактуальных записей индекса. Прежний код делал это в другом порядке, позволяя операции `VACUUM` пропускать очистку, если какие-то другие процессы производили очистку параллельно. Однако при этом в индексе могли оставаться некорректные записи.

- Исправление неправильной блокировки буфера при некоторых чтениях LSN (Якоб Чемпион, Асим Правин, Ашвин Агравал)

Эти ошибки могли приводить к некорректному поведению при многопоточной нагрузке. Потенциальные последствия не были характеризованы полностью.

- Исправление некорректных результатов запросов в случаях, когда происходило упрощение подзапросов, результаты которых использовались в `GROUPING SETS` (Хейкки Линнакангас)
- Исправление обработки ограничений секционирования по списку с ключами секционирования логического типа и массивами (Амит Ланготе)
- Исключение неоправданной ошибки в запросе с деревом наследования, который выполнялся одновременно с тем, как некоторая дочерняя таблица удалялась из этого дерева командой `ALTER TABLE NO INHERIT` (Том Лейн)
- Устранение разнообразных ошибок взаимоблокировки при выполнении в нескольких сеансах команды `CREATE INDEX CONCURRENTLY` (Джефф Джейнс)
- Изменение полей размера таблицы в процессе `VACUUM FULL` на более раннем этапе (Амит Капила)

Это предупреждает неоптимальное поведение при перестраивании хеш-индексов таблицы, так как для расчёта начального размера хеша используется статистика `pg_class`.

- Исправление работы `UNION/INTERSECT/EXCEPT` с нулём столбцов (Том Лейн)
- Запрет использования столбцов идентификации с типизированными таблицами и секциями (Микаэль Пакье)

Такое использование теперь будет считаться неподдерживаемым.

- Исправление разнообразных ошибок, когда в столбец идентификации при добавлении записи не вставлялось правильное значение по умолчанию (Микаэль Пакье, Питер Эйзентраут)

В некоторых контекстах, а именно в `COPY` и `ALTER TABLE ADD COLUMN`, ожидаемое значение по умолчанию не применялось, а вместо него вставлялось значение `NULL`.

- Устранение ошибок в ситуациях, когда дерево наследования содержит дочерние сторонние таблицы (Эцуро Фудзита)

Комбинация обычных и сторонних таблиц в дереве наследования провоцировала построение некорректных планов в запросах `UPDATE` и `DELETE`. Это приводило к видимым ошибкам в некоторых случаях, особенно когда в дочерней сторонней таблице присутствовали триггеры уровня строк.

- Исправление дефекта со связанным подзапросом `SELECT` внутри `VALUES` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Устранение ошибки планировщика «could not devise a query plan for the given query» (не удалось выработать план для данного запроса) в некоторых случаях, включая вложенные `UNION ALL` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Реализована возможность использовать статистику функциональной зависимости для логических столбцов (Том Лейн)

Ранее, хотя расширенную статистику можно было объявить и собирать по логическим столбцам, планировщик не мог её применить.

- Устранение недооценивания количества групп, выдаваемых подзапросами, в которых вызываются функции, возвращающие множества, в группируемых столбцах (Том Лейн)

В случаях, подобных `SELECT DISTINCT unnest(foo)`, в версии 10.0 приблизительная оценка количества строк стала давать меньшее число по сравнению с предыдущими версиями, что мог-

ло приводить к выбору неоптимальных планов. Теперь восстановлен предыдущий алгоритм оценивания.

- Исправление работы триггеров в процессах логической репликации (Петр Желинек)
- Исправление логического декодирования, чтобы файлы на диске корректно очищались от данных сбойных транзакций (Атсуши Торикоши)

Процедура логического декодирования может выносить записи WAL на диск, если транзакции генерируют много записей WAL. Обычно эти файлы очищаются после фиксирования транзакции или поступления записи о её прерывании; но в отсутствие таких записей код очистки работал неправильно.

- Исправление тайм-аута в процессе walsender и реакции на прерывания при обработке большой транзакции (Петр Желинек)
- Устранение условий гонки при удалении источника репликации, когда ожидание удаляющего процесса могло быть бесконечным (Том Лейн)
- Предоставление членам роли `pg_read_all_stats` возможности видеть статистику walsender в представлении `pg_stat_replication` (Фейке Стинберген)
- Отображение процессов walsender, передающих базовые резервные копии, как активные в представлении `pg_stat_activity` (Магнус Хагандер)
- Исправление обозначения метода аутентификации `scram-sha-256` в представлении `pg_hba_file_rules` (Микаэль Пакье)

Ранее его название выводилось как `scram-sha256`, что могло смущать пользователей некорректным написанием.

- Добавление в `has_sequence_privilege()` поддержки проверок `WITH GRANT OPTION`, как это сделано в других функциях проверки прав (Джо Конвей)
- В базах данных с кодировкой UTF8 любые XML-объявления, выбирающие другую кодировку, должны игнорироваться (Павел Стехуле, Ной Миш)

Мы всегда храним документы XML в кодировке базы данных, так что позволяя `libxml` обрабатывать объявления с другой кодировкой, мы получим ошибочные результаты. Если кодировка базы — не UTF8, мы в любом случае не обещали поддерживать XML-данные с не ASCII-кодировкой, так что предыдущее поведение сохранено для совместимости ошибок. Это изменение затрагивает только `xpath()` и связанные функции; другой код и ранее работал так.

- Обеспечение прямой совместимости с будущими изменениями младших версий протокола (Роберт Хаас, Бадрул Чоудхури)

Ранее серверы PostgreSQL просто отклоняли запросы на использование версий протокола новее 3.0, так что никакого функционального отличия старших номеров от младших не было. Теперь клиенты могут запрашивать версии 3.x и получать в ответ не отказ, а сообщение, говорящее, что сервер поддерживает только версию 3.0. В данный момент от этого ничего не меняется, но перенос этого изменения в предыдущие версии должен ускорить внедрение небольших усовершенствований протокола в будущем.

- Предоставление возможности клиенту, поддерживающему привязку канала SCRAM, (в частности `libpq v11` или новее) подключаться к серверу `v10` (Микаэль Пакье)

Версия 10 не реализует такую функциональность, и согласование её использования производилось некорректно.

- Предотвращение долгоживущих циклов в `ConditionVariableBroadcast()` (Том Лейн, Томас Мурро)

При неудачно сложившихся временных интервалах процесс, пытающийся разбудить все спящие процессы по условной переменной, мог заикливаться на неопределённое время. Вслед-

ствие ограниченного использования условных переменных в v10, эта проблема затрагивала только параллельные сканирования индексов и некоторые операции со слотами репликации.

- Корректный сброс ожиданий условных переменных при прерывании подтранзакции (Роберт Хаас)
- Обеспечение своевременного завершения всех дочерних процессов, ожидающих условные переменные, в случае прекращения работы процесса `postmaster` (Том Лейн)
- Устранение сбоев параллельных процессов при использовании более чем одного узла Gather (Томас Мунро)
- Ликвидация зависания в процессе параллельного сканирования индекса при обработке удалённой или наполовину неактуальной страницы индекса (Амит Капила)
- Предотвращение краха в случае, когда при параллельном сканировании битовой карты не удаётся выделить сегмент разделяемой памяти (Роберт Хаас)
- Исправление реакции на сбой при запуске параллельного рабочего процесса (Амит Капила, Роберт Хаас)

Ранее параллельный запрос мог зависнуть на неопределённое время, если не удавалось запустить рабочий процесс, вследствие ошибки в `fork()` или других редких проблем.

- Исключение неоправданной ошибки, которая выдавалась, когда не удавалось получить параллельные исполнители при запуске параллельного запроса (Роберт Хаас)
- Исправление сбора статистики `EXPLAIN`, получаемой от параллельных исполнителей (Амит Капила, Томас Мунро)
- Строки запросов, передаваемые параллельным исполнителям, всегда должны завершаться нулём (Томас Мунро)

Это предотвращает вывод мусора в журнал главного процесса от таких исполнителей.

- Устранение небезопасного предположения о выравнивании при работе с типом `__int128` (Том Лейн)

Обычно компиляторы полагают, что переменные `__int128` выравниваются по 16-байтовым границам, но наша инфраструктура выделения памяти не готова гарантировать это, а увеличение `MAXALIGN` кажется неподходящим по множеству причин. В качестве решения код был изменён так, чтобы тип `__int128` можно было использовать только когда мы можем сказать компилятору, что предполагается не такое крупное выравнивание. Единственный замеченный симптом этой проблемы — сбои в некоторых параллельных запросах с агрегированием.

- Предотвращение сбоев с переполнением стека при планировании операций со множествами с крайне большой вложенностью (`UNION/INTERSECT/EXCEPT`) (Том Лейн)
- Предотвращение краха при перепроверке `EvalPlanQual` в узле сканирования индекса, являющимся внутренним потомком соединения слиянием (Том Лейн)

Это могло происходить только при изменении или выборке `SELECT FOR UPDATE` данных соединения, когда одновременно изменялись некоторые выбранные строки.

- Устранение ошибки в процессе автоочистки, когда расширенная статистика для таблицы определена, но не может быть вычислена (Альваро Эррера)
- Ликвидация обращений по нулевому указателю для некоторых типов адресов LDAP, задаваемых в файле `pg_hba.conf` (Томас Мунро)
- Предотвращение исчерпания памяти из-за разрастания простых хеш-таблиц (Томаш Вондра, Андрес Фройнд)
- Исправление демонстрационных функций `INSTR()` в документации по PL/pgSQL (Юго Нагата, Том Лейн)

В документации утверждалось, что эти функции совместимы с Oracle®, но это было не совсем так. В частности, по-разному интерпретировалось отрицательное значение третьего параметра: Oracle воспринимает это значение как последнюю позицию, с которой может начинаться целевая подстрока, а наши функции считали, что это последняя позиция, где строка может заканчиваться. Также Oracle выдаёт ошибку в случае нулевого или отрицательного четвёртого параметра, тогда как наши функции возвращали ноль.

Код этого примера был изменён для большего соответствия поведению Oracle. Пользователям, которые скопировали этот код в свои приложения, возможно, имеет смысл обновить свои копии.

- Исправление поведения `pg_dump`, чтобы ACL (разрешения), комментарии и метки безопасности можно было надёжно идентифицировать в архивных выходных форматах (Том Лейн)

Компонент «метка» записи ACL в архиве обычно представлял собой просто имя целевого объекта. В его начало теперь добавляется тип объекта, чтобы записи ACL соответствовали соглашениям, уже принятым для записей комментариев и меток безопасности. Кроме того, обозначения комментариев и меток безопасности, заданных для собственно базы данных, теперь должны начинаться с `DATABASE`, чтобы они соответствовали тому же соглашению. Это предупреждает ложные срабатывания в коде, который пытается найти записи больших объектов по строкам, начинающимся со слов `LARGE OBJECT`. Прежнее поведение могло приводить к неправильной классификации записей как данные и нежелательным результатам при восстановлении выгруженной только схемы или только данных.

Заметьте, что следствием этого стало изменение видимого пользователями вывода `pg_restore --list`.

- Переименование функции `copy_file_range` в `pg_rewind` во избежание конфликта с новым системным вызовом Linux с таким же именем (Андрес Фройнд)

Это изменение предотвращает ошибки при сборке с новыми версиями `glibc`.

- В `espg` добавлено выявление массивов индикаторов с неправильной длиной и сообщение об ошибке (Дэвид Рейдер)
- Изменение поведения оператора `cube ~> int` в расширении `contrib/cube` для обеспечения его совместимости с поиском `kNN` (Александр Коротков)

Смысл второго аргумента (выбирающего размерность) был изменён, чтобы можно было определённо сказать, какое именно значение выбирается в кубах переменных размерностей.

Это изменение нарушает совместимость, но так как этот оператор предназначался для поисков `kNN`, в прежнем виде он был бесполезен. После установки этого обновления все материализованные представления или индексы с выражениями, использующими этот оператор, необходимо обновить/перестроить.

- Предотвращение срабатывания проверки истинности внутри `libc` в расширении `contrib/hstore` из-за использования `memcpy()` с равными указателями источника и получателя (Томаш Вондра)
- Исправление некорректного отображения битовых карт `NULL` для кортежей в `contrib/pageinspect` (Максим Милютин)
- Исправление некорректного вывода функции `hash_page_items()` расширения `contrib/pageinspect` (Масахико Савада)
- В расширении `contrib/postgres_fdw` ликвидирована ошибка планировщика «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния) при построении плана, включающего удалённое соединение (Роберт Хаас)
- В `contrib/postgres_fdw` предотвращён сбой планировщика при дублировании элементов `GROUP BY` (Дживан Чок)

- Добавление современных примеров настройки автозапуска Postgres в macOS (Том Лейн)

Скрипты в `contrib/start-scripts/osx` используют инфраструктуру, которая устарела десять лет назад, и абсолютно неработоспособны во всех версиях macOS, выпущенных в последние два года. Добавлен новый подкаталог `contrib/start-scripts/macos` со скриптами, использующими новую инфраструктуру `launchd`.

- Исправление некорректного выбора зависящих от конфигурации библиотек OpenSSL в Windows (Эндрю Дунстан)
- Поддержка компоновки с версиями `libperl`, собранными компилятором MinGW (Ной Миш)

Это позволяет собирать PL/Perl с некоторыми распространёнными дистрибутивами Perl для Windows.

- Исправление в сборке MSVC проверки, требуется ли 32-битной `libperl` определение `_D_USE_32BIT_TIME_T` (Ной Миш)

Имеющиеся дистрибутивы Perl ожидают разного, и при этом нет никакой возможности надёжно проверить это, поэтому пришлось добавить проверку фактического поведения используемой библиотеки во время компиляции.

- В Windows обработчик аварийного завершения должен устанавливаться на более раннем этапе запуска главного процесса (Такаяюки Цунакава)

Это поможет получить дампы памяти при ошибках в те моменты в начале запуска, в которые раньше дампы не записывались.

- В Windows устранены сбои, связанные с преобразованием кодировок при выводе сообщений на самых ранних стадиях запуска процесса `postmaster` (Такаяюки Цунакава)
- Использование нашего ранее написанного кода циклических блокировок для Motorola 68K во FreeBSD, а также в NetBSD (Давид Карлье)
- Добавление поддержки циклических блокировок для Motorola 88K (Давид Карлье)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018c`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Бразилии, в Сан-Томе и Принсипи, а также корректировки исторических данных для Боливии, Японии и Южного Судана. Был удалён часовой пояс `US/Pacific-New` (это был просто псевдоним для пояса `America/Los_Angeles`).

Е.8. Выпуск 10.1

Дата выпуска: 2017-11-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 10.0. За информацией о нововведениях 10 версии обратитесь к Разделу Е.9.

Е.8.1. Миграция на версию 10.1

Если используется версия 10.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете индексы BRIN, прочитайте четвёртую запись в списке изменений.

Е.8.2. Изменения

- Обеспечение проверки разрешений на уровне таблиц и политик RLS при выполнении `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` во всех случаях (Дин Рашид)

Путь изменения данных в команде `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` требовал наличия разрешения `SELECT` для всех столбцов в решающем индексе, но в случае указания решающего ограничения по имени должная проверка отсутствовала. Кроме того, для таблиц с включён-

ной защитой на уровне строк не проверялось, соответствуют ли изменённые строки политикам `SELECT` (вне зависимости от способа задания решающего индекса). (CVE-2017-15099)

- Устранение сбоя при несовпадении типа записи в `json{b}_populate_recordset()` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Эти функции использовали тип результата, заданный в предложении `FROM ... AS`, не проверяя, соответствует ли он фактическому типу поступившего кортежа. В случае несоответствия обычно происходил сбой, хотя также вероятным было раскрытие содержимого памяти сервера. (CVE-2017-15098)

- Исправление скриптов запуска сервера — переключение на `$PGUSER` до открытия файла `$PGLOG` (Ной Миш)

Ранее файл журнала `postmaster` открывался ещё под именем `root`. Таким образом, владелец базы данных мог произвести атаку на другого пользователя системы, сделав `$PGLOG` символической ссылкой на некоторый другой файл, который в результате можно было испортить добавленными в него сообщениями журнала.

По умолчанию эти скрипты никуда не устанавливаются. Если вы использовали их, замените свои экземпляры новыми копиями либо внесите те же коррективы в свои вручную изменённые скрипты. Если владельцем существующего файла `$PGLOG` является `root`, его нужно удалить или переименовать прежде чем перезапускать сервер с помощью исправленного скрипта. (CVE-2017-12172)

- Исправление вычисления сводных данных индекса BRIN для корректной работы при одновременном расширении таблицы (Альваро Эррера)

Ранее в условиях гонки некоторые строки таблицы могли пропадать из индекса. Для устранения последствий предыдущих проявлений этой проблемы может потребоваться перестроить существующие индексы BRIN.

- Предупреждение возможных сбоев при параллельных изменениях индекса BRIN (Том Лейн)

В определённых условиях гонки могли возникать ошибки «invalid index offnum» (неверный номер смещения в индексе) или «inconsistent range map» (несогласованность в карте диапазонов).

- Предотвращение в ходе логической репликации присвоения `NULL` нереплицируемым столбцам при репликации `UPDATE` (Петр Желинек)
- Исправление механизма логической репликации, чтобы триггеры `BEFORE ROW DELETE` вызывались в должное время (Масахико Савада)

Ранее этого не происходило, если в таблице также имелся триггер `BEFORE ROW UPDATE`.

- Устранение сбоя при вызове логического декодирования из функции, использующей SPI, в частности, из любой функции на одном из языков PL (Том Лейн)
- Игнорирование CTE (общих табличных выражений) при обращении к целевой таблице для выполнения `INSERT/UPDATE/DELETE` и недопущение сопоставления имён целевых таблиц, заданных с указанием схемы, с именами переходных таблиц в триггерах (Томас Мунро)

В результате для CTE, связанных с командами DML, восстановлено поведение, имевшее место до версии 10.

- Уход от вычисления выражений в аргументах агрегатной функции для строк, не удовлетворяющих условию `FILTER` (Том Лейн)

Тем самым восстанавливается поведение, наблюдавшееся до 10 версии (и описанное в стандарте SQL).

- Исправление некорректных результатов запросов, содержащих в нескольких столбцах `GROUPING SETS` одну и ту же простую переменную (Том Лейн)

- Устранение утечки памяти на время выполнения запроса при вычислении функции, возвращающей множество, в целевом списке `SELECT` (Том Лейн)
- Реализована возможность параллельного выполнения подготовленных операторов с общими планами (Амит Капила, Кунтал Гхош)
- Корректировка неправильных решений по распараллеливанию для вложенных запросов (Амит Капила, Кунтал Гхош)
- Устранение сбоев в обработке параллельных запросов, возможных при удалении недавно использованной роли (Амит Капила)
- Устранение сбоя при параллельном сканировании битовой карты с узлом плана `BitmapAnd`, расположенным под узлом `BitmapOr` (Дилип Кумар)
- Исправление в функциях `json_build_array()`, `json_build_object()` и их аналогах для `jsonb` обработки явно заданных аргументов `VARIADIC` (Микаэль Пакье)
- Исправление логики «частей работы» автоочистки для предупреждения возможных сбоев и незаметной потери частей (Альваро Эррера)
- Устранение сбоев в особых случаях при добавлении столбцов в конец представления (Том Лейн)
- Фиксирование правильных зависимостей когда представление или правило содержит узлы выражения `FieldSelect` или `FieldStore` (Том Лейн)

В отсутствие этих зависимостей команда `DROP` со столбцом или типом данных может выполняться, когда не должна, что вызовет ошибки при последующем использовании представления или правила. Данное исправление не защищает существующие представления/правила, а повлияет только на создаваемые в будущем.

- Правильное определение хешируемости диапазонных типов данных (Том Лейн)

Планировщик ошибочно полагал, что любой диапазонный тип может хешироваться для использования в соединениях или агрегировании по хешу, но на самом деле он должен проверять, поддерживает ли хеширование подтип диапазона. Это не касается встроенных диапазонных типов, так как все они всё равно хешируемые.

- Игнорирование узлов выражений `RelabelType` должным образом при рассмотрении статистики по функциональным зависимостям (Дэвид Роули)

Это позволяет, например, правильно использовать расширенную статистику по столбцам `varchar`.

- Предотвращение разделения информации переходного состояния между сортирующими агрегатными функциями (Дэвид Роули)

Вследствие этого разделения возникали сбои во встроенных сортирующих агрегатах и могли также возникать в подобных пользовательских функциях. Начиная с версии 11, предусмотрены средства для надёжной защиты от таких случаев, а в ветвях стабильных выпусков просто отключена оптимизация.

- Недопущение игнорирования значения `idle_in_transaction_session_timeout`, если до этого произошёл таймаут оператора (`statement_timeout`) (Лукас Фиттл)
- Устранение маловероятной потери сообщений `NOTIFY` вследствие заикливания идентификаторов транзакций (Марко Тииккая, Том Лейн)

Если в сеансе не выполнялись никакие запросы, то есть он просто ждал уведомлений и за это время прошло более 2 миллиардов транзакций, он начинал пропускать уведомления от параллельно фиксируемых транзакций.

- Уменьшение частоты запросов на сброс данных в процессе копирования файлов во избежание проблем с производительностью в macOS, в частности с новой файловой системой APFS (Том Лейн)

- Реализована возможность использовать режим `FREEZE` команды `COPY` на уровне изоляции транзакций `REPEATABLE READ` или выше (Ной Миш)

Этот сценарий использования был непреднамеренно потерян вследствие предыдущего исправления ошибки.

- Исправление функции `AggGetAggref()`, чтобы возвращались корректные узлы `Aggref` для функций завершения агрегатов с объединёнными промежуточными вычислениями (Том Лейн)
- Исправление нечётких указаний схемы в некоторых новых запросах в `pg_dump` и `psql` (Виталий Буровой, Том Лейн, Ной Миш)
- Уход от использования оператора `@>` в запросах `psql` для команды `\d` (Том Лейн)

Это предотвращает проблемы, возникающие при установке расширения `paragra_gin`, так как в нём определён конфликтующий оператор.

- Исправление в `pg_basebackup` сравнения путей табличных пространств посредством приведения путей к канонической форме (Микаэль Пакье)

Это особенно полезно в Windows.

- Исправление `libpq`, чтобы для её работы не требовалось существование домашнего каталога пользователя (Том Лейн)

В версии 10 невозможность найти домашний каталог при попытке прочитать `~/.pgpass` считалась критической ошибкой, но эта ситуация должна обрабатываться так же, как и отсутствие данного файла. И в версии 10, и в ветвях предыдущих выпусков была допущена та же ошибка при чтении `~/.pg_service.conf`, хотя это было менее очевидно, так как данный файл использовался только при указании имени службы.

- В `esrglib` исправлена обработка обратной косой черты в строковых константах в зависимости от значения `standard_conforming_strings` (Такаюки Цунакава)
- Игнорирование в `esrglib` дробной части при вводе целочисленных значений в режиме совместимости с Informix (Гао Цзэнци, Михаэль Мескес)
- Добавление отсутствующего предварительного требования `temp-install` для целей типа `check` в Make (Ной Миш)

Некоторые невыполняемые по умолчанию тестовые процедуры, подобные `make check`, не проверяли актуальность временной инсталляции.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2017c`, включающее изменения правил перехода на летнее время на Фиджи, в Намибии, Северном Кипре, Судане, Тонга и на островах Теркс и Кайкос, плюс корректировку исторических данных для Аляски, Апии, Бирмы, Калькутты, Детройта, Ирландии, Намибии и Паго-Паго.
- В документации для HTML-якорей восстановлен верхний регистр (Питер Эйзенраут)

Вследствие изменений инструментария в документации 10.0 для внутренних HTML-якорей был изменён регистр строк, что привело к повреждению некоторых внешних ссылок на документацию на нашем сайте. Поэтому было решено вернуться к предыдущему стилю со строками в верхнем регистре.

Е.9. Выпуск 10

Дата выпуска: 2017-10-05

Е.9.1. Обзор

В число ключевых усовершенствований PostgreSQL 10 входят:

- Логическая репликация по схеме публикации/подписки

- Декларативное секционирование таблиц
- Улучшение распараллеливания запросов
- Значительное увеличение общей производительности
- Более сильная защита паролей с использованием SCRAM-SHA-256
- Улучшенные средства мониторинга и управления

Предыдущие пункты более подробно описаны в следующих разделах.

Е.9.2. Миграция на версию 10

Тем, кто хочет мигрировать данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью `pg_dumpall` или воспользоваться `pg_upgrade`.

В версии 10 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Примите к сведению следующие несовместимости:

- После обновления с помощью `pg_upgrade` с любой предыдущей основной версии PostgreSQL необходимо перестроить хеш-индексы (Митхун Сай, Роберт Хаас, Амит Капила)

Необходимость данного требования продиктована значительным усовершенствованием механизма хеш-индексов. Для облегчения задачи переиндексации `pg_upgrade` создаст вспомогательный скрипт.

- Переименование каталога с журналом предзаписи из `pg_xlog` в `pg_wal`, а также переименование каталога с информацией о состоянии транзакций из `pg_clog` в `pg_xact` (Микаэль Пакье)

Старые имена неоднократно вводили пользователей в заблуждение — пользователи думали, что эти каталоги содержат только несущественные файлы журналов, и вручную удаляли файлы журналов предзаписи или состояния транзакций, что приводило к необратимой потере данных. Эти переименования призваны предотвратить такие ошибки в будущем.

- Замена в именах функций SQL, утилит и параметров всех упоминаний «xlog» на «wal» (Роберт Хаас)

Например, имя `pg_switch_xlog()` поменялось на `pg_switch_wal()`, `pg_receivexlog` — на `pg_receivewal`, а `--xlogdir` — на `--waldir`. Это было сделано вместе с переименованием каталога `pg_xlog` для согласованности; и вообще термин «xlog» теперь нигде не может встретиться пользователю.

- Замена в связанных с WAL функциях и представлениях `location` на `lsn` (Дэвид Роули)

Ранее имело место несогласованное употребление обоих терминов.

- Изменение реализации функций, возвращающих множества, в списке `SELECT` (Андрес Фройнд)

Функции, возвращающие множества, теперь вычисляются до вычисления скалярных выражений в списке `SELECT`, практически так же, как если бы они были помещены в предложение `LATERAL FROM`. Это даёт более понятное поведение в случаях, когда присутствуют несколько таких функций. Если они возвращают разное количество строк, все результаты дополняются до наибольшего количества строк значениями `NULL`. Ранее результаты обрабатывались в цикле, пока все функции не завершались, и в результате получалось количество строк, равное наименьшему общему кратному периодов функций. Кроме того, функции, возвращающие множества, теперь нельзя использовать в конструкциях `CASE` и `COALESCE`. За дополнительными сведениями обратитесь к Подразделу 38.5.8.

- Использование стандартного синтаксиса конструктора строки в `UPDATE ... SET (список_столбцов) = конструктор_строки` (Том Лейн)

Теперь `конструктор_строки` может начинаться со слова `ROW`; ранее его надо было опускать. Если в `списке_столбцов` фигурирует имя только одного столбца, `конструктор_строки` должен ис-

пользовать ключевое слово `ROW`, так как иначе он не будет корректным конструктором строки, а будет восприниматься как выражение в скобках. Также запись *имя_таблицы.** в *конструкторе_строки* теперь разворачивается в набор столбцов, как и в других случаях использования *конструктора_строки*.

- Когда `ALTER TABLE ... ADD PRIMARY KEY` помечает столбцы как `NOT NULL`, это изменение теперь распространяется также на дочерние таблицы в иерархии наследования (Микаэль Пакье)
- Предотвращение срабатывания триггеров уровня оператора более одного раза для одного оператора (Том Лейн)

В случаях, когда пишущие CTE изменяли одну таблицу, изменяемую внешним оператором либо другими пишущими CTE, триггеры `BEFORE STATEMENT` и `AFTER STATEMENT` вызывались неоднократно. Также, если в таблице были определены триггеры уровня оператора, в результате действий для обеспечения целостности внешнего ключа (например, `ON DELETE CASCADE`), они могли вызываться несколько раз для одного внешнего SQL-оператора. Это поведение противоречит стандарту SQL и было исправлено.

- Перемещение полей метаданных последовательностей в новый системный каталог `pg_sequence` (Питер Эйзенраут)

Отношение последовательности содержит теперь только поля, которые могут быть изменены функцией `nextval()`, то есть `last_value`, `log_cnt` и `is_called`. Другие свойства последовательности, такие как начальное значение и шаг увеличения, сохраняются в соответствующей строке в каталоге `pg_sequence`. Действие `ALTER SEQUENCE` теперь полностью транзакционное и, как следствие, блокирует последовательность до фиксации транзакции. Функции `nextval()` и `setval()` остаются нетранзакционными.

Основная несовместимость, привнесённая этим изменением, состоит в том, что из отношения последовательности теперь можно прочитать только три поля, перечисленные выше. Чтобы получить другие свойства последовательности, приложения должны обратиться к `pg_sequence`. Также для этого можно использовать новое системное представление `pg_sequences`; оно выдаёт столбцы с именами, более подходящими для существующего кода.

Кроме того, последовательности, созданные для столбцов `SERIAL`, теперь генерируют 32-битные значения, тогда как предыдущие версии генерировали 64-битные. Это отличие никак не проявляется, если значения просто сохраняются в столбце.

Переработан и вывод команды `psql \d` для последовательностей.

- Передача по умолчанию программой `pg_basebackup` данных WAL, необходимых для восстановления резервной копии (Магнус Хагандер)

При этом в `pg_basebackup` подразумеваемое значение `-X/--wal-method` меняется на `stream`. Для воспроизведения старого поведения был добавлен вариант значения `none`. Параметр `pg_basebackup -x` был удалён (используйте вместо него `-X fetch`).

- Изменение записей логической репликации в `pg_hba.conf` (Питер Эйзенраут)

В предыдущих версиях для подключения логической репликации требовалось указать `replication` в столбце базы данных. С этого выпуска логической репликации соответствует обычная запись с именем базы данных или ключевым словом, например, `all`. Для физической репликации по-прежнему используется ключевое слово `replication`. Так как встроенная логическая репликация появилась только в этом выпуске, это изменение может затронуть только пользователей сторонних средств логической репликации.

- Все действия в `pg_ctl` по умолчанию должны ожидать завершения операции (Питер Эйзенраут)

Ранее некоторые действия `pg_ctl` не ждали завершения и для ожидания требовалось использовать ключ `-w`.

- Изменение значения по умолчанию серверного параметра `log_directory` с `pg_log` на `log` (Андреас Карлссон)
- Добавление параметра конфигурации `ssl_dh_params_file` для указания имени файла с нестандартными параметрами OpenSSL DH (Хейкки Линнакангас)

Тем самым заменяется жёстко заданное и недокументированное имя файла `dh1024.pem`. Заметьте, что файл `dh1024.pem` по умолчанию больше не обрабатывается; вы должны задать этот параметр, если хотите использовать свои параметры DH.

- Увеличение размера стандартных параметров DH, используемых для эфемерных DH-шифров OpenSSL, до 2048 бит (Хейкки Линнакангас)

Размер предопределённых в коде параметров DH был увеличен с 1024 до 2048 бит, так что обмен ключами DH стал более устойчивым к подбору шифра. Однако некоторые старые реализации SSL, в частности некоторые ревизии Java Runtime Environment версии 6, не принимают параметры DH длиннее 1024 бит и, таким образом, не смогут подключиться через SSL. Если вам необходимо поддерживать такие старые клиенты, вы можете использовать нестандартные параметры DH размером 1024 бита вместо предопределённых параметров по умолчанию. См. `ssl_dh_params_file`.

- Ликвидация возможности хранения незашифрованных паролей на сервере (Хейкки Линнакангас)

Серверный параметр `password_encryption` больше не поддерживает значения `off` и `plain`. Вариант `UNENCRYPTED` также теперь не поддерживается в командах `CREATE/ALTER USER ... PASSWORD`. Аналогично был удалён ключ `--unencrypted` команды `createuser`. Незашифрованные пароли, перенесённые из старых версий, в этой версии будут храниться в зашифрованном виде. Значением по умолчанию параметра `password_encryption` остаётся `md5`.

- Добавление серверных параметров `min_parallel_table_scan_size` и `min_parallel_index_scan_size` для управления параллельными запросами (Амит Капила, Роберт Хаас)

Они заменяют переменную `min_parallel_relation_size`, которая была слишком общей.

- Не заключённый в кавычки текст в `shared_preload_libraries` и связанных серверных параметрах не должен переводиться в нижний регистр (Куэль Чжо)

Эти параметры на самом деле представляют собой списки имён файлов, но ранее они воспринимались как списки SQL-идентификаторов и обрабатывались по другим правилам.

- Удаление серверного параметра `sql_inheritance` (Роберт Хаас)

При выключенном значении этого параметра запросы, обращающиеся к родительским таблицам, перестают учитывать дочерние. Однако стандарт SQL требует, чтобы они учитывались, и это поведение было принято по умолчанию в PostgreSQL 7.1.

- Реализация возможности передавать многомерные массивы в функции на PL/Python и возвращать вложенные списки Python (Алексей Грищенко, Дэйв Крамер, Хейкки Линнакангас)

Это изменение потребовало нарушить обратную совместимость в части обработки массивов составных типов в PL/Python. Раньше можно было вернуть массив составных типов как `[[col1, col2], [col1, col2]]`; но теперь это будет интерпретироваться как двухмерный массив. Составные типы в массивах для однозначности должны возвращаться теперь в виде кортежей Python, а не в виде списков. То есть предыдущую запись нужно заменить на `[(col1, col2), (col1, col2)]`.

- Удаление механизма автозагрузки «модулей» PL/Tcl (Том Лейн)

На замену этой функциональности пришли новые серверные параметры `pltcl.start_proc` и `pltclu.start_proc`, которые проще в использовании и дают возможности, подобные имеющимся в других языках программирования.

- Ликвидация поддержки выгрузки данных с серверов до 8.0 утилитами `pg_dump/pg_dumpall` (Том Лейн)

Пользователям, которым нужно выгрузить данные с серверов до 8.0, остаётся использовать `dump` из PostgreSQL версии 9.6 или старше. Выгруженные этими версиями данные должны успешно загружаться на новых серверах.

- Ликвидация поддержки хранения даты/времени и интервалов в виде чисел с плавающей точкой (Том Лейн)

Параметр `configure --disable-integer-datetimes` был удалён. Использование для таких значений чисел с плавающей точкой не давало значимых преимуществ и не было вариантом по умолчанию, начиная с PostgreSQL 8.3.

- Ликвидация поддержки сервером клиент-серверного протокола версии 1.0 (Том Лейн)

Этот протокол не поддерживался клиентами со времён PostgreSQL 6.3.

- Удаление модуля `contrib/tsearch2` (Роберт Хаас)

Этот модуль обеспечивал совместимость с версией полнотекстового поиска, которая поставлялась с серверами PostgreSQL до версии 8.3.

- Ликвидация приложений командной строки `createlang` и `droplang` (Питер Эйзентраут)

Они перешли в разряд устаревших в PostgreSQL 9.1. Вместо них можно непосредственно использовать команды `CREATE EXTENSION` и `DROP EXTENSION`.

- Ликвидация поддержки вызовов функций версии 0 (Андрес Фройнд)

Расширения, предоставляющие функции, реализованные на C, теперь должны использовать соглашение о вызовах версии 1. Версия 0 считалась устаревшей с 2001 года.

Е.9.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и PostgreSQL 10.

Е.9.3.1. Сервер

Е.9.3.1.1. Параллельное выполнение запросов

- Поддержка параллельного сканирования индексов типа В-дерево (Рахила Съед, Амит Капила, Роберт Хаас, Рафия Сабих)

Благодаря этому поиск в страницах индекса-В-дерева могут производить параллельно несколько рабочих процессов.

- Поддержка параллельного сканирования кучи по битовой карте (Дилип Кумар)

Это позволяет распределить одно сканирование индекса между параллельными исполнителями, обрабатывающими разные области кучи.

- Реализована возможность выполнения соединения слиянием в параллельном режиме (Дилип Кумар)
- Реализована возможность выполнения несвязанных запросов в параллельном режиме (Амит Капила)
- Улучшение возможности параллельных процессов возвращать ранее отсортированные данные (Рушаб Латиа)
- Расширение использования параллельных запросов в функциях процедурных языков (Роберт Хаас, Рафия Сабих)

- Добавление серверного параметра `max_parallel_workers` для ограничения числа рабочих процессов, которые могут использоваться для распараллеливания запросов (Жульен Рухо)

Значение этого параметра можно сделать меньше `max_worker_processes`, чтобы зарезервировать рабочие процессы для других целей, кроме параллельных запросов.

- Включение распараллеливания по умолчанию (значение по умолчанию параметра `max_parallel_workers_per_gather` стало равно 2).

Е.9.3.1.2. Индексы

- Добавление регистрации в журнале предзаписи операций с хеш-индексами (Амит Капила)

В результате хеш-индексы становятся отказоустойчивыми и пригодными к репликации. Прежнее предостережение относительно их использования удалено.

- Улучшение производительности хеш-индекса (Амит Капила, Митхун Сай, Ашутос Шарма)
- Добавление поддержки индексов SP-GiST для типов данных `INET` и `CIDR` (Эмре Хасегели)
- Добавление параметра для включения более активного вычисления сводных данных индекса BRIN (Альваро Эррера)

Новый параметр `CREATE INDEX` позволяет автоматически обновлять сводную запись для предыдущей зоны страниц BRIN при создании новой зоны.

- Добавление функций для удаления и повторного добавления сводных записей BRIN для зон индекса BRIN (Альваро Эррера)

Новая SQL-функция `brin_summarize_range()` обновляет сводные записи индекса BRIN для определённой зоны, а `brin_desummarize_range()` удаляет их. Это полезно для обновления данных зоны, которая стала меньше в результате действия команд `UPDATE` и `DELETE`.

- Более точный расчёт выгоды от применения сканирования по индексу BRIN (Дэвид Роули, Эмре Хасегели)
- Ускорение операций добавления и изменения записей в GiST благодаря более эффективному использованию пространства индекса (Андрей Бородин)
- Минимизация блокировок страниц при очистке индексов GIN (Андрей Бородин)

Е.9.3.1.3. Блокировки

- Сокращение блокировок, необходимых для изменения параметров таблиц (Саймон Риггс, Фабицио де Ройес Мелло)

Например, изменить параметр `effective_io_concurrency` для таблицы теперь можно с более лёгкой блокировкой.

- Реализация регулировки пределов для повышения уровня предикатных блокировок (Дагфинн Ильмари Маннсакер)

Повышением уровня блокировок теперь можно управлять с помощью двух новых параметров сервера, `max_pred_locks_per_relation` и `max_pred_locks_per_page`.

Е.9.3.1.4. Оптимизатор

- Добавление статистики по нескольким столбцам, позволяющей вычислять коэффициент корреляции и число различных значений (Томаш Вондра, Дэвид Роули, Альваро Эррера)

Появились новые команды: `CREATE STATISTICS`, `ALTER STATISTICS` и `DROP STATISTICS`. Это полезно для оценки использования памяти запросом и для консолидации статистики по отдельным столбцам.

- Увеличение производительности запросов, сталкивающихся с ограничениями безопасности на уровне строк (Том Лейн)

Теперь оптимизатор лучше понимает, куда можно поместить условия фильтра RLS, благодаря чему он может строить лучшие планы, при этом гарантируя выполнение условий RLS.

Е.9.3.1.5. Общая производительность

- Ускорение агрегатных функций, которые вычисляют сумму с накоплением, используя арифметику типа `numeric`, включая некоторые вариации `SUM()`, `AVG()` и `STDDEV()` (Хейкки Линнакангас)
- Увеличение скорости преобразований кодировок символов с использованием цифровых деревьев (Кётаро Хоригути, Хейкки Линнакангас)
- Уменьшение издержек вычисления выражений при выполнении запросов, а также издержек обращения к узлу плана (Андрес Фройнд)

Это особенно полезно для запросов, обрабатывающих множество строк.

- Возможность использования агрегирования по хешу при обработке наборов группирования (Эндрю Гирт)
- Использование гарантий уникальности для оптимизации определённых типов соединений (Дэвид Роули)
- Ускорение сортировки типа данных `macaddr` (Брандур Лич)
- Сокращение издержек на отслеживание статистики в сеансах, когда задействуются тысячи отношений (Александр Алексеев)

Е.9.3.1.6. Мониторинг

- Возможность явного управления отображением командой `EXPLAIN` времени планирования и выполнения (Ашутосх Бапат)

По умолчанию время планирования и выполнения выводится командой `EXPLAIN ANALYZE` и не выводится в других случаях. Явно управлять этим позволяет новый параметр `SUMMARY` команды `EXPLAIN`.

- Добавлены новые стандартные роли для мониторинга (Дейв Пейдж)

Новые роли `pg_monitor`, `pg_read_all_settings`, `pg_read_all_stats` и `pg_stat_scan_tables` позволяют упростить конфигурацию разрешений.

- Исправление передачи информации сборщику статистики во время `REFRESH MATERIALIZED VIEW` (Джим Млодженски)

Е.9.3.1.6.1. Ведение журнала

- Изменение префикса `log_line_prefix`, чтобы по умолчанию все строки журнала `postmaster` содержали текущее время (с миллисекундами) и идентификатор процесса (Кристоф Берг)

Ранее префикс по умолчанию был пустым.

- Добавление функций для получения содержимого каталогов журнала сообщений и WAL (Дейв Пейдж)

Новые функции называются соответственно `pg_ls_logdir()` и `pg_ls_waldir()` и могут выполняться не только суперпользователями (при наличии достаточных разрешений).

- Добавление функции `pg_current_logfile()` для чтения имён текущих файлов, в которые сборщик сообщений выводит потоки `stderr` и `csvlog` (Жиль Даролд)
- Вывод в журнал сервера адреса и номера порта для каждого принимающего соединения сокета при запуске `postmaster` (Том Лейн)

Также добавление в сообщение об ошибке привязки к определённому сокету адреса этого сокета.

- Устранение лишних сообщений о запуске и остановке подпроцессов запускающего процесса (Том Лейн)

Теперь уровень этих сообщений понижен до `DEBUG1`.

- Уменьшение уровня важности сообщений для уровней отладки, контролируемых параметром `log_min_messages` (Роберт Хаас)

Это затрагивает также сообщения отладочных уровней `client_min_messages`.

Е.9.3.1.6.2. Представление `pg_stat_activity`

- Добавление в `pg_stat_activity` информации о состоянии низкоуровневых ожиданий (Микаэль Пакье, Роберт Хаас)

Это позволяет отслеживать множество событий ожидания на низком уровне, включая ожидания защёлок, записи/чтения/сброса файлов, чтения/записи со стороны клиента и синхронной репликации.

- Отображение в `pg_stat_activity` вспомогательных и фоновых рабочих процессов, а также процессов-передатчиков WAL (Кунтал Гхош, Микаэль Пакье)

Это упрощает мониторинг. Тип процесса обозначается в новом столбце `backend_type`.

- В `pg_stat_activity` реализовано отображение SQL-запросов, выполняемых параллельными исполнителями (Рафия Сабих)
- Переименование в `pg_stat_activity.wait_event_type` значений `LWLockTranche` и `LWLockNamed` в `LWLock` (Роберт Хаас)

Это делает вывод более согласованным.

Е.9.3.1.7. Аутентификация

- Добавление поддержки SCRAM-SHA-256 для проверки и хранения паролей (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

Это обеспечивает лучшую безопасность по сравнению с существующим методом `md5`.

- Изменение типа серверного параметра `password_encryption` с `boolean` на `enum` (Микаэль Пакье)

Это потребовалось для поддержки различных вариантов хеширования паролей.

- Добавление представления `pg_hba_file_rules` для просмотра содержимого `pg_hba.conf` (Харибабу Комми)

Это представление показывает содержимое файла, а не действующие в данный момент параметры.

- Поддержка нескольких серверов RADIUS (Магнус Хагандер)

Все связанные с RADIUS параметры теперь стали множественными и принимают список серверов через запятую.

Е.9.3.1.8. Конфигурация сервера

- Возможность обновления конфигурации SSL при перезагрузке конфигурации (Андреас Карлссон, Том Лейн)

Это позволяет переконфигурировать SSL без перезапуска сервера, используя `pg_ctl reload`, `SELECT pg_reload_conf()` или отправив сигнал `SIGHUP`. Однако, перезагрузка конфигурации

SSL не работает, если для использования SSL-ключа сервера требуется пароль, так как никакой возможности запросить его нет. В этом случае главный процесс (postmaster) продолжит использовать изначальную конфигурацию, пока не будет перезапущен.

- Устранение практического предела для максимального значения `bgwriter_lru_maxpages` (Джим Нэсби)

Е.9.3.1.9. Надёжность

- После создания или удаления файлов следует выполнять `fsync` для каталога их содержащего (Микаэль Пакье)

Это сокращает риск потери данных при отключении питания.

Е.9.3.1.9.1. Журнал предзаписи (WAL)

- Предотвращение ненужных контрольных точек и архивации WAL в простаивающих системах (Микаэль Пакье)
- Добавление серверного параметра `wal_consistency_checking` для внесения в WAL информации, позволяющей проверять целостность на ведомом сервере (Кунтал Гхош, Роберт Хаас)

В случае выявления любого нарушения при проверке целостности на ведомом сервере выдаётся критическая ошибка.

- Увеличение максимально допустимого размера сегмента WAL до одного гигабайта (Бина Эмерсон)

Увеличивая размер сегментов WAL, можно сократить частоту вызова `archive_command` и уменьшить число файлов WAL.

Е.9.3.2. Репликация и восстановление

- Реализация возможности логически реплицировать таблицы на подчинённые серверы (Петр Желинек)

Логическая репликация даёт большую гибкость, чем физическая; в том числе позволяет организовывать репликацию между разными основными версиями PostgreSQL, а также избирательную репликацию.

- Возможность ожидания подтверждения фиксации от ведомых серверов вне зависимости от их порядка в списке `synchronous_standby_names` (Масахико Савада)

Ранее сервер всегда ожидал ответа от активных ведомых серверов, стоящих первыми в списке `synchronous_standby_names`. Новое ключевое слово `ANY` в `synchronous_standby_names` позволяет выбрать ожидание любого числа серверов, вне зависимости от их порядка. Это называется фиксацией на основе кворума.

- Упрощение изменений конфигурации, которые необходимо внести для организации потокового копирования и репликации (Магнус Хагандер, Дан Мин Хыонг)

В частности, были изменены значения по умолчанию для параметров `wal_level`, `max_wal_senders`, `max_replication_slots` и `hot_standby`, чтобы они были пригодны для такого использования в исходном состоянии.

- По умолчанию репликация разрешается для локальных подключений в `pg_hba.conf` (Микаэль Пакье)

Ранее строки для подключений репликации в `pg_hba.conf` по умолчанию были закомментированы. Это особенно полезно для `pg_basebackup`.

- Добавление в `pg_stat_replication` столбцов с информацией о задержках репликации (Томас Мурро)

Новые столбцы называются `write_lag`, `flush_lag` и `replay_lag`.

- Возможность указания точки остановки восстановления по LSN (последовательному номеру в журнале) в `recovery.conf` (Микаэль Пакье)

Ранее точку остановки можно было задать только по времени или идентификатору транзакции.

- Предоставление пользователям возможности отключить в функции `pg_stop_backup()` ожидание архивации всех файлов WAL (Дэвид Стил)

Этим поведением управляет необязательный второй аргумент функции `pg_stop_backup()`.

- Возможность создания временных слотов репликации (Петр Желинек)

Временные слоты автоматически удаляются при завершении сеанса или при ошибке.

- Увеличение производительности воспроизведения в режиме горячего резерва благодаря оптимизации обработки исключительных блокировок (Саймон Риггс, Дэвид Роули)
- Ускорение восстановления при двухфазной фиксации (Стас Кельвич, Никхил Сонтакке, Микаэль Пакье)

Е.9.3.3. Запросы

- Добавление функции `XMLTABLE`, преобразующей данные в формате XML в набор табличных строк (Павел Стехуле, Альваро Эррера)
- Исправление обработки в регулярных выражениях классов символов для символов с большими кодами, в частности, для символов Unicode больше U+7FF (Том Лейн)

Ранее такие символы никогда не воспринимались как принадлежащие классам, зависящим от локали, например `[[:alpha:]]`.

Е.9.3.4. Служебные команды

- Добавление синтаксиса секционирования для автоматического создания ограничений секций и распределения операций добавления и изменения кортежей (Амит Ланготе)

Этот синтаксис поддерживает секционирование по спискам и по диапазонам.

- Добавление для триггеров `AFTER` переходных таблиц, содержащих изменённые строки (Кевин Гриттнер, Томас Мурро)

Содержимое переходных таблиц доступно в триггерах, написанных на языках программирования на стороне сервера.

- Реализация ограничительных политик защиты на уровне строк (Стивен Фрост)

Ранее все политики были разрешительными, то есть при выполнении условия любой политики доступ разрешался. Но теперь при невыполнении ограничительной политики доступ будет запрещён. Эти типы политик можно комбинировать вместе.

- При создании ограничения внешнего ключа разрешение `REFERENCES` должно требоваться только для целевой таблицы (Том Лейн)

Ранее также требовалось разрешение `REFERENCES` в таблице внешнего ключа. Это требование было реализовано из-за недопонимания SQL-стандарта. Так как для создания в таблице ограничения внешнего ключа (или подобного) требуются иметь права владельца этой таблицы, дополнительное требование разрешения `REFERENCES` кажется довольно бессмысленным.

- Реализация прав по умолчанию для схем (Матеус Оливейра)

Эти права задаются командой `ALTER DEFAULT PRIVILEGES`.

- Добавление команды `CREATE SEQUENCE AS` для создания последовательностей определённого целочисленного типа данных (Питер Эйзентраут)

Это упрощает создание последовательностей с интервалом значений, соответствующим типу базовых столбцов.

- Поддержка команды `COPY представление FROM источник` для представлений с триггерами `INSTEAD INSERT` (Харибабу Комми)

Триггеры получают строки данных, которые читает команда `COPY`.

- Допущение указания имени функции без аргументов в командах DDL, если это имя уникально (Питер Эйзен траут)

Например, теперь допускается указание `DROP FUNCTION` с именем функции без аргументов, если существует только одна функция с таким именем. Такое поведение требуется стандартом SQL.

- Реализация возможности удалять несколько функций, операторов и агрегатов одной командой `DROP` (Питер Эйзен траут)
- Поддержка предложения `IF NOT EXISTS` в командах `CREATE SERVER`, `CREATE USER MAPPING` и `CREATE COLLATION` (Анастасия Лубенникова, Питер Эйзен траут)
- Добавление в вывод `VACUUM VERBOSE` количества пропущенных замороженных страниц и старейшего `xmin` (Масахико Савада, Саймон Риггс)

Эта информация также включается в вывод с `log_autovacuum_min_duration`.

- Ускорение удаления конечных пустых страниц кучи в процессе операции `VACUUM` (Клаудио Фрейре, Альваро Эррера)

Е.9.3.5. Типы данных

- Добавление поддержки полнотекстового поиска для типов `JSON` и `JSONB` (Дмитрий Долгов)

С этими типами данных теперь могут использоваться функции `ts_headline()` и `to_tsvector()`.

- Добавление поддержки MAC-адресов EUI-64 в виде нового типа данных `macaddr8` (Харибабу Комми)

Этот тип дополняет ранее реализованную поддержку MAC-адресов EUI-48 (тип `macaddr`).

- Добавление столбцов идентификации для назначения числовых значений столбцам при добавлении данных (Питер Эйзен траут)

Этот механизм подобен столбцам `SERIAL`, но соответствует стандарту SQL.

- Реализация возможности переименовывать значения `ENUM` (Дагфинн Ильмари Маннсакер)

Для этого используется синтаксис `ALTER TYPE ... RENAME VALUE`.

- Исправление обращения с псевдотипами массивов (`anyarray`) как с массивами в функциях `to_json()` и `to_jsonb()` (Эндрю Дунстан)

Ранее столбцы, объявленные как `anyarray`, (в частности, столбцы в представлении `pg_stats`) преобразовывались не в массивы, а в строки `JSON`.

- Добавление операторов для умножения и деления значений `money` на значения `int8` (Питер Эйзен траут)

Ранее в таких случаях значения `int8` приводились к типу `float8`, а затем использовались операторы `money-и-float8`. Новое поведение предупреждает возможную потерю точности. Но заметьте, что при делении `money` на `int8` теперь дробная часть отбрасывается, как и в других случаях целочисленного деления, тогда как ранее происходило округление.

- Проверка переполнения в функции ввода типа `money` (Питер Эйзен траут)

Е.9.3.6. Функции

- Добавление упрощённой функции `regexp_match()` (Эмре Хасегели)

Эта функция подобна `regexp_matches()`, но возвращает только результаты первого вхождения, поэтому для её результата не требуется множество, так что её удобнее использовать в простых случаях.

- Новая версия оператора удаления для `jsonb`, принимающая массив ключей для удаления (Магнус Хагандер)
- Реализация рекурсивной обработки объектов и массивов JSON в функции `json_populate_record()` и родственных ей (Никита Глухов)

Благодаря этому изменению массивы JSON корректно преобразуются в поля-массивы в целевом типе SQL, а объекты JSON — в поля, представляющие собой составные типы. Ранее в таких случаях происходила ошибка при попытке передать строковое представление JSON-значения функциям `array_in()` и `record_in()`, так как синтаксис полученной строки не соответствовал ожидаемому этими функциями.

- Добавление функции `txid_current_if_assigned()`, возвращающей идентификатор текущей транзакции или NULL, если транзакции не присвоен идентификатор (Крейг Рингер)

Этим данная функция отличается от `txid_current()`, которая всегда возвращает идентификатор транзакции (назначая его, если он отсутствует). Данную функцию, в отличие от неё, можно выполнять на ведомых серверах.

- Добавление функции `txid_status()`, проверяющей, была ли зафиксирована транзакция (Крейг Рингер)

Это позволяет проверить после неожиданного обрыва соединения, была ли зафиксирована предыдущая транзакция, если вы просто не успели получить уведомление об этом.

- Добавление функции `make_date()`, интерпретирующей отрицательные числа, как годы до нашей эры (Альваро Эррера)
- Функции `to_timestamp()` и `to_date()` не должны принимать поля вне допустимых пределов (Артур Закиров)

Например, ранее вызов `to_date('2009-06-40', 'YYYY-MM-DD')` выполнялся успешно и возвращалась дата 2009-07-10. Теперь с такими аргументами будет выдаваться ошибка.

Е.9.3.7. Языки программирования на стороне сервера

- Возможность вызывать функции `cursor()` и `execute()` в PL/Python как методы их аргумента — объекта `plan` (Питер Эйзен траут)

Это позволяет придерживаться более объектно-ориентированного стиля программирования.

- Реализована возможность получать значения оператора `GET DIAGNOSTICS` в PL/pgSQL в элементах массива (Том Лейн)

Ранее синтаксическое ограничение не допускало использования в качестве целевой переменной элемента массива.

Е.9.3.7.1. PL/Tcl

- Возможность возвращать составные типы и наборы данных из функций PL/Tcl (Карл Лехенбауэр)
- Добавление команды `subtransaction` в PL/Tcl (Виктор Вагнер)

Это позволяет обработать ошибку в запросах PL/Tcl, не прерывая всю функцию.

- Добавление серверных параметров `pltcl.start_proc` и `pltclu.start_proc` для указания функций инициализации, которые будут вызываться при запуске PL/Tcl (Том Лейн)

Е.9.3.8. Клиентские интерфейсы

- Реализована возможность указания нескольких адресов или имён серверов в строках подключения `libpq` и в строках URI (Роберт Хаас, Хейкки Линнакангас)

Функции `libpq` будут подключаться к первому работоспособному узлу из этого списка.

- В строках подключения `libpq` и URI добавлена возможность затребовать сервер для чтения/записи, то есть ведущий, а не ведомый сервер (Виктор Вагнер, Митхун Сай)

Это полезно при указании нескольких имён узлов. Соответствующий параметр подключения `libpq` — `target_session_attrs`.

- Реализована возможность задавать в параметрах подключения `libpq` имя файла паролей (Джулиан Маркворт)

Ранее его можно было задать только в переменной окружения.

- Добавлена функция `PQencryptPasswordConn()`, позволяющая создавать больше видов зашифрованных паролей на стороне клиента (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

Ранее функцией `PQencryptPassword()` можно было создавать только пароли, зашифрованные MD5. Новая функция может также создавать и пароли, зашифрованные методом SCRAM-SHA-256.

- Изменение версии препроцессора `esprg` с 4.12 на 10 (Том Лейн)

Впредь версия `esprg` будет соответствовать номеру версии дистрибутива PostgreSQL.

Е.9.3.9. Клиентские приложения

- Добавлена поддержка условных ветвлений в `psql` (Кори Хинкер)

В `psql` появились метакоманды `\if`, `\elif`, `\else` и `\endif`. Это полезно в первую очередь для скриптов.

- Добавление в `psql` метакоманды `\gx` для выполнения запроса (запуска команды `\g`) в расширенном режиме (`\x`) (Кристоф Берг)
- Расширение переменных `psql` внутри строк, заключённых в обратные апострофы (Том Лейн)

Это особенно полезно в новых командах условного ветвления `psql`.

- Недопущение установки некорректных значений для специальных переменных `psql` (Даниэль Верите, Том Лейн)

Ранее, если какой-либо специальной переменной `psql` присваивалось некорректное значение, оно просто игнорировалось и применялось поведение по умолчанию. Теперь `\set` со специальной переменной выдаст ошибку при недопустимом новом значении. В виде особого исключения `\set` с пустым или без нового значения по-прежнему действует как присвоение переменной значения `on`; но теперь в переменной действительно оказывается это значение, а не пустая строка. Команда `\unset` со специальной переменной теперь действительно сбрасывает переменную так, что она получает значение по умолчанию, то есть то значение, которая она имела при запуске. В итоге управляющая переменная теперь всегда имеет отображаемое значение, отражающее, что фактически делает `psql`.

- Добавление переменных, показывающих версию сервера и `psql` (Фабьен Коэльо)

- Добавление в команды `\d` (показать отношение) и `\dd` (показать домен) вывода правила сортировки, допустимости NULL и свойств по умолчанию в отдельных столбцах (Питер Эйзентраут)

Ранее вся эта информация выводилась в одном столбце «Модификаторы».

- Унификация поведения команд `\d` в случаях, когда запрошенный объект не найден (Даниэль Густафссон)

Теперь все они выводят сообщения об этом в `stderr`, а не в `stdout`, и текст сообщения стал более единообразным.

- Усовершенствование дополнения табуляцией в `psql` (Джефф Джейнс, Иэн Барвик, Андреас Карлссон, Сероп Саркуни, Томас Мунро, Кевин Гриттнер, Дагфинн Ильмари Маннсакер)

- Добавление в `pgbench` параметра `--log-prefix` для установки префикса файла журнала (Ма-сахико Савада)

- Возможность разбивать метакоманды `pgbench` на несколько строк (Фабьен Коэльо)

Теперь метакоманду можно продолжить на следующей строке, введя обратную косую черту перед переводом строки.

- Устранение ограничения на положение параметра `-m` по отношению к другим параметрам командной строки (Том Лейн)

Е.9.3.10. Серверные приложения

- Добавление в `pg_receivewal` параметра `-z/--compress` для включения сжатия (Микаэль Пакье)
- Добавление в `pg_recvlogical` параметра `--endpos` для указания конечной позиции (Крейг Рингер)

Этот параметр дополняет существовавший ранее параметр `--startpos`.

- Переименование параметров `initdb --noclean` и `--nosync` в `--no-clean` и `--no-sync` (Вик Фиринг, Питер Эйзентраут)

Старое написание по-прежнему поддерживается.

Е.9.3.10.1. `pg_dump`, `pg_dumpall`, `pg_restore`

- В `pg_restore` реализована возможность исключать схемы (Михаэль Банк)

Для этого добавлен новый ключ `-N/--exclude-schema`.

- В `pg_dump` добавлен параметр `--no-blobs` (Гийом Леларж)

Этот ключ отключает выгрузку больших объектов.

- В `pg_dumpall` добавлен ключ `--no-role-passwords` для отказа от чтения паролей ролей (Робинс Таракан, Саймон Риггс)

Это позволяет использовать `pg_dumpall` не только суперпользователям; без этого ключа `pg_dumpall` пытается прочесть пароли, а обычным пользователям это не разрешается.

- Поддержка использования синхронных снимков при выгрузке данных с ведомого сервера (Петр Желинек)

- Выполнение `fsync()` (синхронизации с ФС) для файлов, записываемых утилитами `pg_dump` и `pg_dumpall` (Микаэль Пакье)

Это позволяет более уверенно гарантировать, что выгруженные файлы безопасно сохранены на диске, до завершения работы программы. Это поведение можно отключить новым ключом `--no-sync`.

- В `pg_basebackup` реализована возможность передавать журнал предзаписи в режиме `tar` (Магнус Хагандер)

Содержимое WAL будет храниться в отдельном от основной копии файле `tar`.

- Использование в `pg_basebackup` временных слотов репликации (Магнус Хагандер)

Временные слоты репликации будут задействоваться по умолчанию, когда `pg_basebackup` использует передачу WAL с параметрами по умолчанию.

- Более аккуратное выполнение синхронизации с ФС везде, где это требуется в `pg_basebackup` и `pg_receivewal` (Микаэль Пакье)
- Добавление в `pg_basebackup` ключа `--no-sync` для отключения синхронизации с ФС (Микаэль Пакье)
- Улучшение обработки в `pg_basebackup` пропускаемых каталогов (Дэвид Стил)

- Добавление параметра ожидания для операции повышения роли в `pg_ctl` (Питер Эйзен траут)
- Добавление длинных ключей для работы `pg_ctl` с ожиданием (`--wait`) и без ожидания (`--no-wait`) (Вик Фиринг)
- Добавление длинного ключа для параметров, которые `pg_ctl` передаёт серверу (`--options`) (Питер Эйзен траут)
- В ожидании готовности сервера команда `pg_ctl start --wait` должна наблюдать за `postmaster.pid`, а не пытаться установить подключение (Том Лейн)

Процесс `postmaster` теперь может сигнализировать о своей готовности принимать подключения в файле `postmaster.pid`, и `pg_ctl` теперь проверяет этот файл, чтобы определить, что сервер запущен. Этот метод эффективнее и надёжнее старого, а кроме того он избавляет от сообщений о неудавшихся попытках подключения при запуске.

- Уменьшение времени реакции `pg_ctl` в ожидании запуска/остановки процесса `postmaster` (Том Лейн)

Теперь `pg_ctl` проверяет изменения состояния `postmaster` не один (как раньше), а десять раз в секунду.

- Возврат ненулевого кода состояния при выходе `pg_ctl`, если ожидаемая операция не завершилась за отведённое время (Питер Эйзен траут)

Теперь операции `start` и `promote` возвращают в таких случаях код состояния 1, а не 0. Операция `stop` делала это всегда.

Е.9.3.11. Исходный код

- Переход на нумерацию версий с двумя компонентами (Питер Эйзен траут, Том Лейн)

Номера выпусков теперь состоят из двух частей (например, 10.1), а не из трёх (например, 9.6.3). Основные версии теперь будут увеличивать только первое число, а корректирующие выпуски — только второе. В названии ветвей выпусков будет включаться только одно число (например, 10 вместо 9.6). Это изменение произведено для того, чтобы пользователям было понятнее, что есть основная, а что — дополнительная версия PostgreSQL.

- Улучшение поведения `pgindent` (Пётр Стефаняк, Том Лейн)

Мы перешли на новую версию `pg_bsd_indent`, включающую последние усовершенствования из проекта FreeBSD. В результате устранено множество мелких ошибок, которые приводили к странным решениям относительно форматирования кода C. Одно из самых заметных изменений — строки в скобках (например, вызов функции, записанный в нескольких строках) теперь

единообразно выравниваются по открывающей скобке, даже если в результате код будет выходить за правую границу.

- Возможность использования библиотеки ICU для поддержки правил сортировки (Питер Эйзентраут)

Библиотека ICU реализует версионирование, что позволяет выявлять изменения правил сортировки от версии к версии. Она подключается параметром `configure --with-icu`. По умолчанию для сортировки по-прежнему используется встроенная библиотека операционной системы.

- Автоматическое добавление для всех функций `PG_FUNCTION_INFO_V1` пометки `DLLEXPORT` в Windows (Лауренц Альбе)

Если сторонний код использует объявления функций с характеристикой `extern`, они также должны иметь пометки `DLLEXPORT` в этих объявлениях.

- Ликвидация ставших ненужными SPI-функций `SPI_push()`, `SPI_pop()`, `SPI_push_conditional()`, `SPI_pop_conditional()` и `SPI_restore_connection()` (Том Лейн)

Теперь их функциональность реализуется автоматически. Сейчас остались пустые макросы с такими именами (чтобы не требовалось немедленно обновлять внешние модули), но в конце концов их вызовы должны быть удалены.

Побочным эффектом этого изменения стало то, что `SPI_palloc()` и родственные функции теперь требуют активного SPI-подключения; их действие не сводится к простому `palloc()`, если его нет. Предыдущее такое поведение оказалось не очень полезным и было чревато неожиданными утечками памяти.

- Возможность динамического выделения разделяемой памяти (Томас Мунро, Роберт Хаас)
- Добавление механизма выделения памяти, подобного `slab`, для эффективного выделения памяти фиксированного размера (Томаш Вондра)
- Использование семафоров POSIX вместо SysV в Linux и FreeBSD (Том Лейн)

Это снимает некоторые присущие платформе лимиты на использование семафоров SysV.

- Улучшение поддержки 64-битных атомарных операций (Андрес Фройнд)
- Использование 64-битных атомарных операций на платформе ARM64 (Роман Шапошник)
- Переход к использованию функции `clock_gettime()`, если она доступна, для замеров длительности (Том Лейн)

Если `clock_gettime()` недоступна, по-прежнему будет использоваться `gettimeofday()`.

- Добавление более надёжных генераторов случайных чисел для криптографического использования (Магнус Хагандер, Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)

Если надёжный генератор случайных чисел не обнаруживается, процедура `configure` прервётся, если только дополнительно не передать ключ `--disable-strong-random`. Однако с этим ключом функции `pgcrypto`, которым требуется надёжный генератор случайных чисел, будут отключены.

- В функции `WaitLatchOrSocket()` налажено ожидание подключения сокета в Windows (Андрес Фройнд)
- Функции `tupconvert.c` более не преобразуют кортежи только для того, чтобы включить в них другой OID составного типа (Ашутосх Бапат, Том Лейн)

В большинстве точек вызова этот OID составного типа не нужен; но если результирующий кортеж будет использоваться как составное значение `Datum`, требуются дополнительные действия, чтобы в нём оказался корректный OID.

- Ликвидация портов SCO и Unixware (Том Лейн)
- Переработка процесса сборки документации (Александр Лахин)
- Использование XSLT для сборки документации PostgreSQL (Питер Эйзентраут)

Ранее использовались программы Jade, DSSSL и JadeTex.

- Сборка HTML-документации по умолчанию со стилями XSLT (Питер Эйзентраут)

Е.9.3.12. Дополнительные модули

- Реализация в `file_fdw` возможности читать вывод программ, так же как и содержимое файлов (Кори Хинкер, Адам Гомаа)
- В `postgres_fdw` реализована передача агрегатных функций на удалённый сервер, когда это возможно (Дживан Чок, Ашутосх Бапат)

Это сокращает объём данных, который должен передаваться со стороннего сервера и избавляет запрашивающий сервер от вычисления агрегатной функции.

- `postgres_fdw` может передавать соединения отношений на сторонний сервер в большем числе случаев (Дэвид Роули, Ашутосх Бапат, Эцуро Фудзита)
- Исправление поддержки столбцов `OID` в таблицах `postgres_fdw` (Эцуро Фудзита)

Ранее в столбцах `OID` всегда возвращались нули.

- Реализация в `btree_gist` и `btree_gin` возможности индексировать типы-перечисления (Эндрю Дунстан)

Это позволяет использовать перечисления в ограничениях-исключениях.

- Добавление в `btree_gist` поддержки индексации для типа данных `UUID` (Пол Юнгвирт)
- Добавлено расширение `amcheck`, которое может проверять корректность индексов-В-деревьев (Питер Геохеган)
- Отображение в `pg_stat_statements` игнорируемых констант как `$N`, а не как `?` (Лукас Фиттл)
- Улучшение в модуле `cube` обработки кубов с нулевой размерностью (Том Лейн)

При этом также улучшена работа со значениями `infinite` и `NaN`.

- Сокращение числа блокировок при обращении к представлению `pg_buffercache` (Иван Картышов)

Как следствие, его можно более беспрепятственно использовать в производственных средах.

- Добавление в `pgstattuple` функции `pgstathashindex()` для просмотра статистики хеш-индексов (Ашутосх Шарма)
- Возможность использовать `GRANT` для управления доступом к функциям `pgstattuple` (Стивен Фрост)

Это позволяет администраторам разрешать вызывать эти функции не только суперпользователям.

- Сокращение числа блокировок в `pgstattuple` при просмотре хеш-индексов (Амит Капила)
- Добавление в `pageinspect` функции `page_checksum()` для получения контрольной суммы страницы (Томаш Вондра)
- Добавление в `pageinspect` функции `bt_page_items()`, которая выводит элементы страницы для переданного образа страницы (Томаш Вондра)
- Добавление поддержки хеш-индексов в `pageinspect` (Джеспер Педерсен, Ашутосх Шарма)

Е.9.4. Благодарственный список

Перечисленные ниже (в алфавитном порядке) лица сделали вклад в этот выпуск, разрабатывая, совершенствуя и рецензируя код, принимая правки, проводя тестирование или сообщая о проблемах.

Адам Брайтвелл (Adam Brightwell)
Адам Брюссельбек (Adam Brusselback)
Адам Гомая (Adam Goma)
Адам Сах (Adam Sah)
Адриан Клавер (Adrian Klaver)
Аидан Ван Дик (Aidan Van Dyk)
Александр Алексеев (Aleksander Alekseev)
Александр Коротков (Alexander Korotkov)
Александр Лахин (Alexander Lakhin)
Александр Сосна (Alexander Sosna)
Алексей Баштанов (Alexey Bashtanov)
Алексей Грищенко (Alexey Grishchenko)
Алексей Исайко (Alexey Isayko)
Альваро Эрнандес Тортоза (Álvaro Hernández Tortosa)
Альваро Эррера (Álvaro Herrera)
Амит Капила (Amit Kapila)
Амит Ланготе (Amit Langote)
Амит Хандекар (Amit Khandekar)
Амул Сул (Amul Sul)
Анастасия Лубенникова (Anastasia Lubennikova)
Андреас Джозеф Крог (Andreas Joseph Krogh)
Андреас Зельтенрейх (Andreas Seltenreich)
Андреас Карлссон (Andreas Karlsson)
Андреас Шербаум (Andreas Scherbaum)
Андрей Бородин (Andrey Borodin)
Андрей Лизенко (Andrey Lizenko)
Андрес Фройнд (Andres Freund)
Антонин Хоуска (Antonin Houska)
Антс Аасма (Ants Aasma)
Арсений Шер (Arseny Sher)
Артур Закиров (Artur Zakirov)
Аръен Нинхаус (Arjen Nienhuis)
Атсуши Торикоши (Atsushi Torikoshi)
Ашвин Агравал (Ashwin Agrawal)
Ашутосх Бапат (Ashutosh Bapat)
Ашутосх Шарма (Ashutosh Sharma)
Аюми Исии (Ayumi Ishii)
Бейзил Бурк (Basil Bourque)
Бен де Грааф (Ben de Graaff)
Бенедикт Грундман (Benedikt Grundmann)
Бернд Хелмле (Bernd Helmle)
Бина Эмерсон (Beena Emerson)
Брандур Лич (Brandur Leach)
Брин Хаган (Breen Hagan)
Бруно Вольф III (Bruno Wolff III)
Брэд Дейонг (Brad DeJong)
Брюс Момджян (Bruce Momjian)
Вайшнави Прабакаран (Vaishnavi Prabakaran)
Венката Балажи Наготи (Venkata Balaji Nagothi)
Вик Фиринг (Vik Fearing)
Вики Вергара (Vicky Vergara)
Виктор Вагнер (Victor Wagner)

Винаяк Покале (Vinayak Pokale)
Вирен Неги (Viren Negi)
Виталий Буровой (Vitaly Burovoy)
Владимир Кунщиков (Vladimir Kunshchikov)
Владимир Русинов (Vladimir Rusinov)
Габриэль Бартолини (Gabriele Bartolini)
Габриэль Рот (Gabrielle Roth)
Гао Цзэнци (Gao Zengqi)
Генри Болерт (Henry Boehlert)
Гердан Сантос (Gerdan Santos)
Гийом Леларж (Guillaume Lelarge)
Грег Аткинс (Greg Atkins)
Грег Бурек (Greg Burek)
Григорий Смолкин (Grigory Smolkin)
Грэхем Даттон (Graham Dutton)
Давид Феттер (David Fetter)
Дагфинн Ильмари Маннсакер (Dagfinn Ilmari Mannsåker)
Дайсукэ Хигути (Daisuke Higuchi)
Дамиан Кирога (Damian Quiroga)
Дан Мин Хыонг (Dang Minh Huong)
Даниель Вестерман (Daniel Westermann)
Данило Глинский (Danylo Hlynskyi)
Даниэле Вараццо (Daniele Varrazzo)
Даниэль Верите (Daniel Vérité)
Даниэль Густафссон (Daniel Gustafsson)
Дарко Прелец (Darko Prelec)
Деврим Гюндюз (Devrim Gündüz)
Дейв Крамер (Dave Cramer)
Дейв Пейдж (Dave Page)
Денис Смирнов (Denis Smirnov)
Дениш Пател (Denish Patel)
Деннис Бьорклунд (Dennis Björklund)
Джанни Чиолли (Gianni Ciolli)
Джаред Уорд (Jarred Ward)
Джастин Муис (Justin Muise)
Джастин Призби (Justin Pryzby)
Джеймс Паркс (James Parks)
Джейсон Ли (Jason Li)
Джейсон О'Доннелл (Jason O'Donnell)
Джейсон Петерсен (Jason Petersen)
Джереми Финцель (Jeremy Finzel)
Джереми Шнайдер (Jeremy Schneider)
Джеспер Педерсен (Jesper Pedersen)
Джефф Девис (Jeff Davis)
Джефф Джейнс (Jeff Janes)
Джефф Дэфо (Jeff Dafoe)
Дживан Ладхе (Jeevan Ladhe)
Дживан Чок (Jeevan Chalke)
Джим Млодженски (Jim Mlodgenski)
Джим Нэсби (Jim Nasby)
Джинью Чжан (Jinyu Zhang)
Джо Конвей (Joe Conway)
Джон Беркус (Josh Berkus)
Джон Харви (John Harvey)
Джордан Гигов (Jordan Gigov)
Джош Сореф (Josh Soref)
Джозл Джейкобсон (Joel Jacobson)
Джузеппе Брокколо (Giuseppe Broccolo)

Джулиан Маркворт (Julian Markwort)
Джун-сок Ян (Junseok Yang)
Дилип Кумар (Dilip Kumar)
Дилян Палаузов (Dilyan Palauzov)
Дин Рашид (Dean Rasheed)
Дмитрий Долгов (Dmitry Dolgov)
Дмитрий Иванов (Dimitry Ivanov)
Дмитрий Павлов (Dima Pavlov)
Дмитрий Сарафанников (Dmitriy Sarafannikov)
Дмитрий Федин (Dmitry Fedin)
Дон Моррисон (Don Morrison)
Дэвид Джонстон (David Johnston)
Дэвид Кристенсен (David Christensen)
Дэвид Роули (David Rowley)
Дэвид Рэйдер (David Rader)
Дэвид Стил (David Steele)
Дэн Вуд (Dan Wood)
Евгений Казаков (Eugene Kazakov)
Евгений Коньков (Eugen Konkov)
Егор Рогов (Egor Rogov)
Жиль Даролд (Gilles Darold)
Жульен Рухо (Julien Rouhaud)
И Вэнь Вон (Yi Wen Wong)
Иван Картышов (Ivan Kartyshov)
Игорь Корот (Igor Korot)
Ильдус Курбангалиев (Ildus Kurbangaliev)
Иэн Барвик (Ian Barwick)
Йелте Феннема (Jelte Fennema)
Йерун ван дер Хам (Jeroen van der Ham)
Йон Нельсон (Jon Nelson)
КайГай Кохэй (KaiGai Kohei)
Кайл Конрой (Kyle Conroy)
Карен Хаддлстон (Karen Huddleston)
Карл Лехенбауэр (Karl Lehenbauer)
Карл О. Пинц (Karl O. Pinc)
Каспер Жук (Casper Zuk)
Каталин Якоб (Catalin Iacob)
Кевин Гриттнер (Kevin Grittner)
Кейт Фиске (Keith Fiske)
Ким Росе Карлсен (Kim Rose Carlsen)
Клаудио Фрейре (Claudio Freire)
Клинтон Адамс (Clinton Adams)
Конст Чжан (Const Zhang)
Константин Евтеев (Konstantin Evteev)
Константин Книжник (Konstantin Knizhnik)
Константин Пан (Constantin Pan)
Кори Хинкер (Corey Huinker)
Крейг Рингер (Craig Ringer)
Крис Бенди (Chris Bandy)
Крис Ричардс (Chris Richards)
Крис Рупрехт (Chris Ruprecht)
Кристиан Ульрих (Christian Ullrich)
Кристоф Берг (Christoph Berg)
Кунтал Гхош (Kuntal Ghosh)
Курт Карталтепе (Kurt Kartaltepe)
Куэль Чжо (QL Zhuo)
Кётаро Хоригути (Kyotaro Horiguchi)
Лауренц Альбе (Laurenz Albe)

Леонардо Чекки (Leonardo Cecchi)
Лукас Фиттл (Lukas Fittl)
Людовик Вожуа-Пепин (Ludovic Vaugeois-Pepin)
Магнус Хагандер (Magnus Hagander)
Майк Пальмиотто (Mike Palmiotto)
Майкл Дэй (Michael Day)
Максим Милютин (Maksim Milyutin)
Максим Соболев (Maksym Sobolyev)
Марек Чворен (Marek Cvoren)
Марк Дилгер (Mark Dilger)
Марк Кирквуд (Mark Kirkwood)
Марк Петер (Mark Pether)
Марк Расбах (Marc Rassbach)
Марк-Олаф Яшке (Marc-Olaf Jaschke)
Марко Тииккая (Marko Tiikkaja)
Маркос Кастедо (Marcos Castedo)
Маркус Винанд (Markus Winand)
Марллиус Рибейро (Marllius Ribeiro)
Мarti Радсепп (Marti Raudsepp)
Мартин Маркес (Martín Marqués)
Масахико Савада (Masahiko Sawada)
Матеус Оливейра (Matheus Oliveira)
Мерлин Монкьюр (Merlin Moncure)
Микаэль Пакье (Michael Paquier)
Милош Урбанек (Milos Urbanek)
Митхун Сай (Mithun Cy)
Михаэль Банк (Michael Banck)
Михаэль Мескес (Michael Meskes)
Михаэль Овермайер (Michael Overmeyer)
Мойше Джейкобсон (Moshe Jacobson)
Муртуза Забуавала (Murtuza Zabuawala)
Мэтью Феньяк (Mathieu Fenniak)
Наоки Окано (Naoki Okano)
Натан Боссарт (Nathan Bossart)
Натан Вагнер (Nathan Wagner)
Неха Хатри (Neha Khatri)
Неха Шарма (Neha Sharma)
Никита Глухов (Nikita Glukhov)
Николай Никитин (Nikolay Nikitin)
Николай Шаплов (Nikolay Shaplov)
Николас Бачелли (Nicolas Baccelli)
Николас Гини (Nicolas Guini)
Николас Товен (Nicolas Thauvin)
Николаус Тиль (Nikolaus Thiel)
Никхил Сонтакке (Nikhil Sontakke)
Нил Андерсон (Neil Anderson)
Ной Миш (Noah Misch)
Нориёси Синода (Noriyoshi Shinoda)
Олаф Гавенда (Olaf Gawenda)
Олег Бартунов (Oleg Bartunov)
Оскар Сааренмаа (Oskari Saarenmaa)
Отар Шавадзе (Otar Shavadze)
Паван Деоласи (Pavan Deolasee)
Павел Голубь (Pavel Golub)
Павел Райскуп (Pavel Raiskup)
Павел Стехуле (Pavel Stehule)
Павел Ханак (Pavel Hanák)
Пареш Мор (Paresh More)

Петр Желинек (Petr Jelínek)
Питер Геохеган (Peter Geoghegan)
Питер Эйзентраут (Peter Eisentraut)
Пол Рамсей (Paul Ramsey)
Пол Юнгвирт (Paul Jungwirth)
Прабхат Саху (Prabhat Sahu)
Пьер-Эммануэль Андре (Pierre-Emmanuel André)
Пэн Сунь (Peng Sun)
Пётр Стефаняк (Piotr Stefaniak)
Рагнар Оухтерлони (Ragnar Ouchterlony)
Радек Слупик (Radek Slupik)
Раджкумар Рагхуванши (Rajkumar Raghuwanshi)
Райан Мерфи (Ryan Murphy)
Рафа де ла Торре (Rafa de la Torre)
Рафия Сабих (Rafia Sabih)
Рахила Съед (Rahila Syed)
Регина Обе (Regina Obe)
Ричард Пистоль (Richard Pistole)
Роберт Хаас (Robert Haas)
Робинс Таракан (Robins Tharakan)
Род Тейлор (Rod Taylor)
Роман Шапошник (Roman Shaposhnik)
Рушаб Латиа (Rushabh Lathia)
Саймон Риггс (Simon Riggs)
Сандип Таккар (Sandeep Thakkar)
Свейн Свейнссон (Sveinn Sveinsson)
Свен Р. Кунце (Sven R. Kunze)
Себастьян Луке (Sebastian Luque)
Сергей Бурладян (Sergey Burladyan)
Сергей Копосов (Sergey Koposov)
Сероп Саркуни (Sehrope Sarkuni)
Симоне Готти (Simone Gotti)
Синтия Шан (Cynthia Shang)
Синъити Мацуда (Shinichi Matsuda)
Скотт Милликен (Scott Milliken)
Спенсер Томасон (Spencer Thomason)
Стас Кельвич (Stas Kelvich)
Степан Пестерников (Stepan Pesternikov)
Стив Рэндалл (Steve Randall)
Стив Сингер (Steve Singer)
Стивен Винфилд (Steven Winfield)
Стивен Фрост (Stephen Frost)
Стивен Фэклер (Steven Fackler)
Сурадх Хараре (Suraj Kharage)
Тайки Кондо (Taiki Kondo)
Такаюки Цунакава (Takayuki Tsunakawa)
Такэси Идэриха (Takeshi Ideriha)
Тахир Фахрутдинов (Tahir Fakhroutdinov)
Тацуо Исии (Tatsuo Ishii)
Тацуро Ямада (Tatsuro Yamada)
Тим Гудэйр (Tim Goodaire)
Тобиас Бусман (Tobias Bussmann)
Том Браун (Thom Brown)
Том Дунстан (Tom Dunstan)
Том Лейн (Tom Lane)
Тома ван Тилбург (Tom van Tilburg)
Томас Келлерер (Thomas Kellerer)
Томас Мунро (Thomas Munro)

Томаш Вондра (Tomas Vondra)
Томонари Кацумата (Tomonari Katsumata)
Тушар Ахуджа (Tushar Ahuja)
Фабрицио де Ройес Мелло (Fabrízio de Royes Mello)
Фабьен Коэльо (Fabien Coelho)
Фейке Стинберген (Feike Steenbergen)
Феликс Герзаге (Felix Gerzaguët)
Филип Йирсак (Filip Jirsák)
Филипп Бодуэн (Philippe Beaudoin)
Фудзии Масао (Fujii Masao)
Фёдор Сигаев (Teodor Sigaev)
Хайме Казанова (Jaime Casanova)
Ханс Бушман (Hans Buschmann)
Харибабу Комми (Haribabu Kommi)
Хейкки Линнакангас (Heikki Linnakangas)
Хуань Жуань (Huan Ruan)
Чепмен Флэк (Chapman Flack)
Чжоу Дигоал (Zhou Digoal)
Чжэнь Мин Ян (Zhen Ming Yang)
Чуаньтин Ван (Chuanting Wang)
Чхве Ду-Вон (Choi Doo-Won)
Чэнь Хуацзюнь (Chen Huajun)
Шо Като (Sho Kato)
Шон Фаррел (Sean Farrell)
Шэй Роджански (Shay Rojansky)
Эйдзи Сэки (Eiji Seki)
Эйлер Тавейра (Euler Taveira)
Эмил Иггланд (Emil Iggland)
Эмре Хасегели (Emre Hasegeli)
Энди Абелисто (Andy Abelisto)
Эндрю Вилрайт (Andrew Wheelwright)
Эндрю Гирт (Andrew Gierth)
Эндрю Дунстан (Andrew Dunstan)
Энрике Менесес (Enrique Meneses)
Эрвин Брандштеттер (Erwin Brandstetter)
Эрик Нордстром (Erik Nordström)
Эрик Рижкерс (Erik Rijkers)
Эцуро Фудзита (Etsuro Fujita)
Юго Нагата (Yugo Nagata)
Якоб Еггер (Jakob Egger)

E.10. Release 9.6.11

Дата выпуска: 2018-11-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.10. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу E.21.

E.10.1. Миграция на версию 9.6.11

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.6.9, см. Раздел E.12.

E.10.2. Изменения

- Устранение сбоев, которые могли возникать в особых случаях в семействе функций `has_объект_privilege()` (Том Лейн)

Эти функции должны возвращать NULL, а не выдавать ошибку при получении неверного OID. Некоторые из этих функций делали это и прежде, но не все. Кроме того, в функции `has_column_privilege()` на некоторых платформах могли иметь место и другие сбои.

- Недопущение замедления порядка $O(N^2)$ в функциях `match/split` с регулярными выражениями при обработке длинных строк (Эндрю Гирт)
- Исправление дефекта в обработке стандартных многосимвольных операторов, следующих непосредственно за комментарием или символами `+` и `-` (Эндрю Гирт)

Следствием данного упущения могли быть ошибки при разборе или неправильное определение приоритета операторов.

- Недопущение замедления порядка $O(N^3)$ при обработке лексическим анализатором длинных строк из символов `+` или `-` (Эндрю Гирт)
- Исправление некорректного выполнения подчинённых планов при сканировании внешнего запроса в обратном направлении (Эндрю Гирт)
- Исправление ошибочного поведения `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF ...` после перемещения курсора (Том Лейн)

Курсор, сканирующий несколько отношений (в частности, дерево наследования), мог работать неправильно, возвращаясь к предыдущему отношению.

- Исправление в функции `EvalPlanQual` обработки узлов `InitPlan`, которые выполняются по условию (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Вследствие ошибки реализации могли возникать сложновоспроизводимые сбои или выдаваться неправильные результаты при одновременных запросах на изменение, содержащих изолированные вложенные `SELECT` в конструкции `CASE`.

- Исправление проверок классов символов для корректной поддержки в Windows символов Unicode выше `U+FFFF` (Том Лейн, Кэндзи Уно)

Эта ошибка проявлялась в операциях полнотекстового поиска, а также в работе модулей `contrib/ltree` и `contrib/pg_trgm`.

- Недопущение передачи вложенных `SELECT` с оконными функциями, а также с указаниями `LIMIT` или `OFFSET`, параллельным исполнителям (Амит Капила)

В таких случаях поведение могло быть несогласованным из-за того, что разные исполнители получали разные результаты вследствие вариативности в порядке строк.

- Смена владельца последовательности, принадлежащей сторонней таблице, при выполнении `ALTER OWNER` для этой таблицы (Питер Эйзенраут)

Операция смены владельца должна распространяться и на такие последовательности, но раньше сторонние таблицы она не затрагивала.

- Обеспечение обработки сервером уже полученных прерываний `NOTIFY` и `SIGTERM` до начала ожидания данных от клиента (Джефф Джейнс, Том Лейн)
- Устранение ошибки, приводившей к выделению лишней памяти для строки результатов `array_out()` (Кэйити Хиробэ)
- Ликвидация утечки памяти при сканировании индекса SP-GiST (Том Лейн)

Сколько-нибудь значительное проявление этой утечки наблюдалось, только когда для ограничения-исключения, использующего SP-GiST, в индекс поступало много записей.

- Закрытие файла сопоставлений в `ApplyLogicalMappingFile()` после завершения его использования (Томаш Вондра)

Ранее дескриптор файла терялся, что могло в итоге приводить к сбоям при логическом декодировании.

- Устранение ошибки логического декодирования в случаях, когда сопоставленная таблица каталога постоянно перезаписывается, например, в результате действия `VACUUM FULL` (Андрес Фройнд)
- Предотвращение запуска сервера со значением `wal_level`, недостаточно большим для поддержки существующего слота репликации (Андрес Фройнд)
- Предотвращение сбоя в случаях, когда служебная команда создаёт бесконечную рекурсию (Том Лейн)
- Устранение в процессе инициализации горячего резерва проблемы дублирующихся XID, которые образуются при выполнении двухфазных транзакций на ведущем сервере (Микаэль Пакье, Константин Книжник)
- Исправление поведения событийных триггеров при обработке вложенных команд `ALTER TABLE` (Микаэль Пакье, Альваро Эррера)
- Передача параллельным исполнителям времени начала оператора и транзакции от родительского процесса (Константин Книжник)

Тем самым исправлено поведение таких функций, как `transaction_timestamp()`, выполняющихся в параллельном исполнителе.

- Обеспечение корректного выравнивания при передаче расширенных значений данных параллельным исполнителям, что позволяет избежать сбоев на платформах, требовательных к выравниванию (Том Лейн, Амит Капила)
- Исправление логики переработки файла WAL для правильного выполнения этой операции на ведомых серверах (Микаэль Пакье)

В зависимости от значения параметра `archive_mode` ведомый сервер мог не удалить некоторые файлы WAL, подлежащие удалению.

- Исправление обработки времени фиксации транзакций в процессе восстановления (Масахико Савада, Микаэль Пакье)

Если отслеживание времени фиксации не было включено постоянно, в процессе восстановления мог произойти сбой при попытке получить время фиксации транзакции, для которой оно не было записано.

- Использование случайной затравки для `random()` в `initdb`, а также в сервере, запускаемом в режиме начальной загрузки и в монопольном режиме (Ной Миш)

Практическая польза этого изменения состоит прежде всего в разрешении проблемы, когда программа `initdb` не могла использовать общую память POSIX, считая её недоступной, из-за конфликтов имён, вызванных использованием одинаковой затравки.

- Возможность прерывания операции выделения памяти в DSM (Крис Трэверс)
- Предупреждение сбоя в параллельном исполнителе при загрузке расширения, пытающегося обратиться к системным кешам в своей функции инициализации (Томас Мунро)

Мы не считаем это удачным приёмом программирования расширений, но до внедрения параллельных запросов это работало, а значит должно поддерживаться и теперь.

- Исправление поведения при динамическом включении параметра `full_page_writes` (Кётаро Хоригути)
- Недопущение возможного сбоя в результате двойного освобождения памяти при повторном сканировании SP-GiST (Эндрю Гирт)
- Предупреждение возможного переполнения буфера при воспроизведении операции распаковки страницы GIN из WAL (Александр Коротков, Шивасубраманьян Рамасубраманьян)

- Выполнение операции `fsync`, ранее упущенной, для каталога слотов репликации (Константин Книжник, Микаэль Пакье)
- Устранение неожиданных тайм-аутов при использовании `wal_sender_timeout` на медленном сервере (Ной Миш)
- Исправление вычисления подходящей точки согласованности WAL в процессах горячего резерва (Александр Кукушкин, Микаэль Пакье)

Выбор правильной точки позволяет предотвратить некорректное поведение сразу после того, как ведомый сервер достигает согласованного состояния базы при воспроизведении WAL.

- Корректная остановка фоновых рабочих процессов при получении главным процессом запроса на быстрое отключение до завершения запуска базы (Александр Кукушкин)
- Обновление карты свободного пространства при воспроизведении из WAL изменений флагов замороженных/полностью видимых страниц (Альваро Эррера)

Ранее мы не заботились об этом, считая, что в карте свободного пространства в любом случае нет важной информации. Однако если она сильно устаревает, это может привести к значительному снижению производительности после повышения ведомого сервера до основного. Эта карта в конце концов будет исправлена в результате обновлений, но мы хотим иметь её в хорошем состоянии раньше, поэтому стоит приложить дополнительные усилия и поддерживать её актуальность при воспроизведении WAL.

- Предотвращение преждевременного освобождения ресурсов параллельных исполнителей по окончании запроса или при достижении предельного числа corteжей (Амит Капила)

В этот момент завершение исполнителя допустимо, только если вызывающий процесс не может запросить обратное сканирование.

- Отказ от вызова обработчиков `atexit` при обработке `SIGQUIT` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение сопоставлений пользователей для сторонних серверов из состава расширений (Том Лейн)

При выполнении `CREATE USER MAPPING` в скрипте расширения для создаваемого сопоставления добавлялась зависимость, чего не должно быть. Сопоставления пользователей, как и роли, не могут быть членами расширений.

- Исправление поведения `syslogger` в случае ошибок при попытке открыть файлы CSV (Том Лейн)
- Исправление кода `psql`, а также примеров в документации, чтобы функция `PQconsumeInput()` вызывалась перед `PQnotifies()` (Том Лейн)

Тем самым решена проблема, когда `psql` не выдавал полученное сообщение `NOTIFY` до следующей команды.

- Устранение возможной несогласованности при сортировке различных имён объектов в `pg_dump` (Джейкоб Чемпион)
- Исправление `pg_restore`, чтобы при выдаче команд `DISABLE/ENABLE TRIGGER` имя таблицы дополнялось схемой (Том Лейн)

Это предотвращает сбои, возможные при новой политике выполнения восстановления с ограниченным путём поиска.

- В `pg_upgrade` исправлена обработка событийных триггеров в расширениях (Харибабу Комми)

Ранее `pg_upgrade` не сохранял связь событийных триггеров с расширениями.

- Исправление проверки состояния кластера в `pg_upgrade`, чтобы она корректно выполнялась на ведомом сервере (Брюс Момджян)
- Ограничение числа размерностей в значениях `cube` во всех функциях `contrib/cube` (Андрей Бородин)

Ранее в некоторых функциях, связанных с кубами, можно было создать такие значения, которые затем не принимала функция `cube_in()`, что вызывало ошибки при восстановлении выгруженных данных.

- Недопущение передачи расширением `contrib/postgres_fdw` предложений `ORDER BY`, не содержащих переменных, на удалённый сервер (Эндрю Гирт)
- Исправление функции `unaccent()` в расширении `contrib/unaccent`, чтобы она использовала словарь текстового поиска `unaccent`, находящийся в той же схеме, где и сама функция (Том Лейн)

Ранее она пыталась найти словарь по пути поиска, но могла не обнаружить его, если путь поиска был ограничен.

- Устранение проблем при сборке в macOS 10.14 (Mojave) (Том Лейн)

Усовершенствование скрипта `configure`, чтобы в `CPPFLAGS` добавлялся ключ `-isysroot`; без этого PL/Perl и PL/Tcl нельзя сконфигурировать или собрать в macOS 10.14. Значение `sysroot` можно переопределить во время конфигурирования или сборки, установив переменную `PG_SYSROOT` в аргументах `configure` или `make`.

Теперь рекомендуется, чтобы для связанных с Perl расширений во флагах компилятора указывалось `$(perl_includespec)`, а не `-I$(perl_archlibexp)/CORE`. Второй вариант по-прежнему будет работать на большинстве платформ, но не в последних macOS.

Также теперь не требуется указывать вручную ключ `--with-tclconfig`, чтобы собрать PL/Tcl в последних версиях macOS.

- Исправление скриптов сборки с MSVC и регрессионного тестирования для работы с последними версиями Perl (Эндрю Дунстан)

Это изменение вызвано тем, что Perl теперь по умолчанию не включает текущий каталог в свой путь поиска.

- Реализована возможность запускать регрессионные тесты в Windows с учётной записью администратора (Эндрю Дунстан)

Чтобы это было безопасно, `pg_regress` теперь лишает себя расширенных прав при запуске.

- Снятие запрета на возврат из функций сравнения `btree` значений `INT_MIN` (Том Лейн)

До настоящего времени мы не позволяли типозависимым функциям сравнения возвращать `INT_MIN`, благодаря чему вызывающий код мог сменить порядок сортировки, просто изменив знак результата сравнения. Однако это могло вызывать проблемы с функциями сравнения, возвращающими непосредственно результат `memcmp()`, `strcmp()` и подобных функций, так как POSIX не накладывает на него никаких ограничений. Как минимум некоторые последние версии `memcmp()` могут возвращать `INT_MIN`, что приводило к нарушению порядка сортировки. В связи с этим мы убрали это ограничение. Там же, где требуется поменять порядок сортировки на противоположный, теперь нужно использовать макрос `INVERT_COMPARE_RESULT()`.

- Устранение риска рекурсии при обработке сообщений об аннулировании общего кеша (Том Лейн)

Эта ошибка могла привести, например, к сбою при обращении к системному каталогу или индексу, который был только что обработан командой `VACUUM FULL`.

В результате этого изменения функция `LockAcquire` теперь может возвращать новый код результата, что теоретически может вызвать проблемы при использовании этой функции, хотя для этого схема её использования должна быть весьма необычной. Также был изменён API функции `LockAcquireExtended`.

- Сохранение и восстановление глобальных переменных SPI в `SPI_connect()` и `SPI_finish()` (Чепмен Флэк, Том Лейн)

Это предотвращает накладные расходы, возможные при вызове из одной функции, использующей SPI, другой такой функции.

- Предотвращение использования потенциально невыровненных буферов страниц (Том Лейн)

Добавлены новые типы-объединения `PGAlignedBlock` и `PGAlignedXLogBlock`, которые должны использоваться вместо простых массивов `char`, чтобы компилятор гарантированно выравнивал адрес начала буфера. В результате устраняется риск аварийного сбоя на платформах, чувствительных к выравниванию, и может увеличиться быстродействие даже на тех платформах, где выравнивание не требуется.

- Приведение в `src/port/snprintf.c` значения результата `snprintf()` в соответствие со стандартом C99 (Том Лейн)

На платформах, где этот код используется (в основном в Windows), его несовременное поведение (не соответствующее C99) могло препятствовать выявлению переполнения буфера, если вызывающий код рассчитывал на семантику C99.

- Требование обязательного использования `-msse2` при сборке компилятором `clang` для `i386` (Андрес Фройнд)

Тем самым решается проблема отсутствия проверок переполнения при операциях с плавающей точкой.

- Исправление в `configure` проверки, определяющей, результат какого типа возвращает `strerror_r()` (Том Лейн)

Предыдущая реализация давала неправильный ответ при сборке с использованием компилятора `icc` в Linux (возможно, и в других случаях), в результате чего `libpq` не выдавала полезные сообщения при возникновении системных ошибок.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018g`, включающее изменений правил перехода на летнее время в России (Волгограде), Чили, Марокко и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Китая, Гавайев, Японии, Макао и Северной Кореи.

Е.11. Выпуск 9.6.10

Дата выпуска: 2018-08-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.9. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.11.1. Миграция на версию 9.6.10

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.6.9, см. Раздел Е.12.

Е.11.2. Изменения

- Осуществление полного сброса состояния `libpq` между попытками соединения (Том Лейн)

Непривилегированный пользователь `dblink` или `postgres_fdw` мог обойти проверки, предназначенные для предотвращения использования учётных данных на стороне сервера, например, файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю ОС, от имени которого работает сервер. В частности, уязвимость затрагивает серверы, принимающие локальные подключения с методом `peer`. Возможны были и другие атаки, например, SQL-инъекции в сеансе `postgres_fdw`. Для атаки на `postgres_fdw` через эту уязвимость пользователь должен был иметь возможность создавать объект стороннего сервера с нужными параметрами подключения, но атаку на `dblink` мог произвести любой пользователь, имеющий к нему доступ. Вообще любой пользователь, имеющий возможность менять параметры подключения для приложения на базе `libpq`, мог производить непредусмотренные действия, но другие эффективные сцена-

рии эксплуатации этого сложно придумать. Мы благодарим Андрея Красичкова за сообщение о данном дефекте. (CVE-2018-10915)

- Исправление поведения `INSERT ... ON CONFLICT UPDATE` с более сложным представлением, чем просто `SELECT * FROM ...` (Дин Рашид, Амит Ланготе)

Ошибочное развёртывание изменяемого представления могло приводить к сбоям или ошибкам «attribute ... has the wrong type» (атрибут ... имеет неверный тип), если список `SELECT` представления не соответствовал в точности списку столбцов нижележащей таблицы. Более того, разлив атаку через эту уязвимость, злоумышленник мог изменять столбцы, не имея для них права `UPDATE`, но имея права `INSERT` и `UPDATE` для некоторых других столбцов в таблице. Любой пользователь также мог эксплуатировать её для раскрытия содержимого памяти сервера. (CVE-2018-10925)

- Обеспечение своевременного изменения полей `relfrozenxid` и `relminmxid` в «зафиксированных» системных каталогах (Андрес Фройнд)

Из-за чрезмерно оптимистичного кеширования эти изменения могли оказаться невидимыми для других сеансов, что приводило к случайным ошибкам и/или разрушению данных. Для общих каталогов, таких как `pg_authid`, проблема была ещё острее, так как устаревшие кешированные данные могли попадать в новые сеансы и оставаться в существующих.

- Исправление поведения в ситуации, когда недавно повышенный сервер аварийно завершается до окончания обработки первой контрольной точки после восстановления (Микаэль Пакье, Кётаро Хоригути, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

В такой ситуации сервер не считал, что при последующем воспроизведении WAL было достигнуто согласованное состояние базы данных, и это препятствовало его перезапуску.

- Исключение выдачи фантомной записи WAL при переработке полностью нулевой страницы индекса `btree` (Амит Капила)

Эта ошибка проявлялась в сбоях проверочных утверждений и могла приводить к неоправданным отменам запросов на серверах горячего резерва.

- При воспроизведении WAL добавлена защита от некорректной длины записи, превышающей 1 ГБ (Микаэль Пакье)

Подобные данные должны считаться некорректными. Ранее код пытался выделить такой объём и получал критическую ошибку, что делало восстановление невозможным.

- При завершении восстановления запись в файл истории линии времени должна откладываться, насколько это возможно (Хейкки Линнакангас)

Это позволяет избежать ситуаций с несогласованностью состояния линии времени на диске, возникавших при сбое в процессе очистки после восстановления (например, при проблеме с файлом двухфазного состояния).

- Увеличение скорости воспроизведения WAL для транзакций, удаляющих множество отношений (Фудзии Масао)

В результате этого изменения уменьшается число сканирований общих буферов, поэтому эффект от данного изменения тем больше, чем больше значение `shared_buffers`.

- Увеличение скорости освобождения блокировки при воспроизведении WAL ведомым сервером (Томас Мурро)
- Обеспечение согласованной передачи состояния логической трансляции передатчиками WAL (Саймон Риггс, Савада Масахико)

Ранее код не мог правильно определить, удалось ли нагнать вышестоящий сервер.

- Устранение дефектов в процедуре обработки снимков при логическом декодировании, приводивших к ошибкам декодирования в редких случаях (Арсений Шер, Альваро Эррера)

- Обеспечение корректного сброса кешированного списка индексов таблицы после сбоя при создании индекса (Питер Геохеган)

Ранее в этом списке могли оставаться OID нерабочих индексов, что могло приводить к проблемам в том же сеансе.

- Исправление некорректной обработки пустых несжатых страниц списка идентификаторов в индексах GIN (Шивасубраманиян Рамасубраманиян, Александр Коротков)

Это могло привести к сбою проверочного утверждения после выполнения `pg_upgrade` для индексов GIN версии до 9.4 (в 9.4 и последующих версиях такие страницы не создаются).

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе `VACUUM` в цикле удаления страниц B-дерева (Андрес Фройнд)

С испорченными индексами `btree` цикл мог оказаться бесконечным, и прервать его можно было только аварийно отключив сервер.

- Исправление некорректной оптимизации классов эквивалентности со столбцами составного типа (Том Лейн)

Вследствие данной ошибки сервер не понимал, что индекс по составному столбцу может обеспечить порядок сортировки, необходимый для соединения слиянием с данным столбцом.

- Исправление планировщика с целью устранения ошибок «ORDER/GROUP BY expression not found in targetlist» (выражение ORDER/GROUP BY не найдено в целевом списке) при выполнении некоторых запросов с функциями, возвращающими множества (Том Лейн)
- Исправление синтаксиса конструкции SQL-стандарта `FETCH FIRST`, чтобы она принимала $(\$n)$, как того требует стандарт (Эндрю Гирт)
- Исправление в `EXPLAIN` учёта использования ресурсов, в частности, обращений к буферам (Амит Капила, Томас Мунро)
- Корректное добавление схемы к именам ряда объектов в выводе `getObjectDescription` (Кёта-ро Хоригути, Том Лейн)

Имена правил сортировки, преобразований и объектов текстового поиска не дополнялись схемой, тогда как должны были.

- Исправление проверки типа `CREATE AGGREGATE` с тем, чтобы к агрегатам с переменными аргументами можно было присоединять функции поддержки распараллеливания (Алексей Баштанов)
- Расширение счётчика строк в команде `COPY FROM` с 32 до 64 бит (Дэвид Роули)

Тем самым были решены две проблемы с входными данными, содержащими более 4G строк: `COPY FROM WITH HEADER` терял одну строку на каждые 4G строк (не только первую), а в сообщениях об ошибках выводилось неверное количество строк.

- Добавление в библиотеку `ecpg pgtypes` функции освобождения строк для исключения проблем с управлением памятью в разных модулях (Такаюки Цунакава)

В Windows могут происходить сбои, если вызов `free` для некоторого блока памяти производится не из той DLL, которая выделила память (с помощью `malloc`). Библиотека `pgtypes` иногда возвращает строки, которые должен освободить вызывающий код, и сделать это корректно оказывается невозможно. Добавленная функция `PGTYPESchar_free()` является просто обёрткой `free`, позволяющей приложениям произвести освобождение по правилам.

- Исправление поддержки в `ecpg` переменных `long long` в Windows, а также на других платформах, где `strtoll/strtoull` объявлены нестандартно или не объявлены вовсе (Хьонг Дангминь, Том Лейн)
- Исправление ошибки с определением типа SQL-оператора в PL/pgSQL, когда изменение правила приводило к изменению семантики оператора в рамках сеанса (Том Лейн)

Эта ошибка приводила к сбоям проверочных утверждений или, в редких случаях, к тому, что указание `INTO STRICT` не работало должным образом.

- Исправление запроса пароля в клиентских программах, чтобы отображение корректно отключалось в Windows, когда `stdin` — не терминал (Мэтью Стикни)
- Доработка исправления некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Том Лейн)

Предыдущее исправление для заключения в кавычки значения `search_path` и других переменных со списками в выводе `pg_dump`, как оказалось, привело к ошибкам со списками с пустыми элементами и риску потери части длинных файловых путей.

- В `pg_dump` устранено упущение, когда свойства `REPLICA IDENTITY` для индексов ограничений не выгружались (Том Лейн)

Уникальные индексы, созданные вручную, помечались корректно, а индексы, созданные ограничениями `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` — нет.

- В `pg_upgrade` теперь правильно проверяется, что старый сервер был выключен штатно (Брюс Момджян)

Ранее проверка могла сработать некорректно при выключении сервера в незамедлительном режиме.

- Исправление в `contrib/hstore_plperl` просмотра скалярных ссылок Perl и предотвращение сбоя в случае, если не удаётся найти хеш-ссылку там, где она ожидается (Том Лейн)
- Устранение сбоя в функции модуля `contrib/ltree` при получении на вход пустого массива (Пьер Дюкроке)
- Исправление обработки ошибок в ряде мест, где мог выдаваться некорректный код ошибки (Микаэль Пакье, Том Лейн, Магнус Хагандер)
- Переоформление скриптов Makefile для обеспечения компоновки программ с собранными в том же дереве библиотеками (например, `libpq.so`), а не с теми, что могут уже находиться в системных каталогах библиотек (Том Лейн)

Это позволяет избежать проблем при сборке на платформах, где представлены старые версии библиотек PostgreSQL.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018e`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Северной Корее, а также корректировку исторических данных для Чехословакии.

В это обновление вошло переопределение «летнего времени», которое действует в Ирландии, а также действовало в прошлом в Намибии и в Чехословакии. В этих юрисдикциях стандартное время действует летом, а время для экономии света — зимой, поэтому при переходе на это время сдвиг производится на час назад, а не на час вперёд. Это не влияет ни на фактическое смещение от UTC, ни на используемое сокращение часового пояса; эта особенность проявляется лишь в том, что в таких случаях столбец `is_dst` в представлении `pg_timezone_names` будет содержать `true` для зимнего периода, и `false` для летнего.

Е.12. Выпуск 9.6.9

Дата выпуска: 2018-05-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.8. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.12.1. Миграция на версию 9.6.9

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете расширение `adminpack`, его нужно обновить, следуя указаниям в первой записи в списке изменений.

Кроме того, если вас касаются ошибки с пометкой функций, описанные во второй и третьей записи ниже, потребуются дополнительные действия для исправления каталогов баз данных.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.6.8, см. также Раздел E.13.

E.12.2. Изменения

- Лишение роли `public` права на выполнение функции `pg_logfile_rotate()` из `contrib/adminpack` (Стивен Фрост)

Функция `pg_logfile_rotate()` является устаревшей оболочкой функции ядра `pg_rotate_logfile()`. Когда в последней была удалена жёсткая проверка суперпользователя, чтобы доступ к этой функции ограничивался правами SQL, эти изменения следовало отразить и в `pg_logfile_rotate()`, но это было упущено. Таким образом, с установленным расширением `adminpack` любой пользователь мог запросить прокрутку файла журнала, что можно считать некритичным нарушением безопасности.

После установки этого обновления администраторы должны обновить `adminpack`, выполнив `ALTER EXTENSION adminpack UPDATE` в каждой базе данных, где установлен `adminpack`. (CVE-2018-1115)

- Исправление некорректных пометок изменчивости для нескольких встроенных функций (Томас Мурро, Том Лейн)

Функции `query_to_xml`, `cursor_to_xml`, `cursor_to_xmlschema`, `query_to_xmlschema` и `query_to_xml_and_xmlschema` должны были считаться изменчивыми, так как они выполняют пользовательские запросы, в которых могут быть изменчивые операции. Однако они не были помечены должным образом, что было чревато неправильной оптимизацией запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохраняются. При практическом использовании этих функций риск кажется небольшим, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в `pg_proc`. Например: `ALTER FUNCTION pg_catalog.query_to_xml(text, boolean, boolean, text) VOLATILE`. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись `pg_upgrade`.

- Исправление некорректных пометок параллельно-безопасности для нескольких встроенных функций (Thomas Munro, Tom Lane)

Функции `brin_summarize_new_values`, `gin_clean_pending_list`, `cursor_to_xml`, `cursor_to_xmlschema`, `ts_rewrite`, `ts_stat` и `binary_upgrade_create_empty_extension` должны были считаться параллельно-небезопасными, так как одни из них непосредственно модифицируют базу данных, а другие выполняют пользовательские запросы, которые могут это делать. Они были некорректно помечены как параллельно-безопасные, что могло приводить к неожиданным ошибкам запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохраняются. При практическом использовании этих функций риск кажется небольшим, если только не включён режим `force_parallel_mode`, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в `pg_proc`. Например: `ALTER FUNCTION pg_catalog.brin_summarize_new_values(regclass) PARALLEL UNSAFE`. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись `pg_upgrade`.

- Предотвращение повторного использования для TOAST идентификаторов OID, соответствующих уже неактуальным, но ещё не очищенным записям TOAST (Паван Деоласи)

После заикливания счётчика OID имеется возможность использования для значения TOAST идентификатора OID, соответствующего ранее удалённой записи в той же таблице TOAST.

Если запись не была очищена к тому времени, это приводило к ошибкам «unexpected chunk number 0 (expected 1) for toast value `nnnnnn`» (неожиданный номер порции 0 (ожидался 1) для значения `TOAST nnnnnn`), которые сохранялись до удаления неактуальной записи командой `VACUUM`. В качестве решения выбор таких OID при создании новых записей `TOAST` теперь исключается.

- Изменение алгоритма `ANALYZE` в части модификации `pg_class.reltuples` (Дэвид Гулд)

Ранее плотность кортежей могла обновляться только для страниц, прошедших обработку `ANALYZE`, для остальных плотность считалась прежней. В большой таблице, где `ANALYZE` выбирает лишь небольшой процент страниц, это означает, что возможно лишь незначительное изменение общей оценки плотности кортежей, и поэтому `reltuples` будет меняться практически пропорционально изменениям физического размера таблицы (`relpages`) вне зависимости от того, что фактически происходит в таблице. В результате может наблюдаться настолько большое увеличение `reltuples` по сравнению с реальностью, что автоматическая очистка практически отключается. Для исправления этой ошибки принимается, что выборка `ANALYZE` является статистически несмещённой (какой она и должна быть), и наблюдаемая в ней плотность просто экстраполируется на всю таблицу.

- Предупреждение взаимоблокировок в параллельных командах `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, выполняемых на уровнях изоляции `SERIALIZABLE` и `REPEATABLE READ` (Том Лейн)
- Устранение возможности замедленного выполнения `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY` (Томас Мунро)
- Устранение ошибки в `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF` в случае, когда задействованный курсор использует план сканирования только индекса (Юго Нагата, Том Лейн)
- Исправление некорректного планирования, когда предложения соединения передавались в параметризованные пути (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Эта ошибка могла привести к неправильной классификации условия как «фильтра соединения» для внешнего соединения, тогда как оно должно быть простым «фильтром», и в итоге мог получиться некорректный результат соединения.

- Устранение возможности некорректного построения плана сканирования только индекса в случаях, когда один столбец таблицы фигурирует в нескольких индексах, но не во всех этих индексах используются классы операторов, которые могут выдать значение столбца (Кётаро Хориуги)
- Исправление некорректной оптимизации ограничений `CHECK` с гарантированными `NULL`-подвыражениями в условиях верхнего уровня `AND/OR` (Том Лейн, Дин Рашид)

В результате, например, ограничение-исключение могло исключить из запроса дочернюю таблицу, которая не должна быть исключена.

- Устранение сбоя исполнителя в результате двойного освобождения памяти с некоторыми вариантами использования `GROUPING SETS` (Питер Геохеган)
- Предотвращение сбоя в случае, когда триггер события перезаписи таблицы добавляется одновременно с выполнением команды, которая может вызвать такой триггер (Альваро Эррера, Эндрю Гирт, Том Лейн)
- Предотвращение ошибки при прерывании запроса или прекращении сеанса в момент фиксации подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Ликвидация утечки памяти на время выполнения запроса в последовательно выполняемых соединениях по хешу (Том Лейн)
- Устранение возможных утечек или двойного освобождения закрепленных буферов карты видимости (Амит Капила)
- Устранение неоправданной пометки страниц как полностью видимых (Дэн Вуд, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

Это могло происходить при блокировании (но не удалении) некоторых кортежей. Хотя запросы будут продолжать выполняться корректно, процедура очистки обычно игнорирует такие страницы, вследствие чего кортежи на них никогда не будут замораживаться. В последних выпусках это в конце концов приведёт к появлению ошибок вида «found multixact *nnnnn* from before relminmxid *nnnnn*» (найдена мультитранзакция *nnnnn*, предшествующая relminmxid *nnnnn*).

- Исправление излишне строгой проверки в `heap_prepare_freeze_tuple` (Альваро Эррера)

Это могло приводить к необоснованной ошибке «cannot freeze committed xmax» (не удаётся заморозить зафиксированный xmax) в базах данных, обновлённых с помощью `pg_upgrade` с версии 9.2 или старше.

- Устранение потери указателя в случаях, когда написанный на C триггер, выполняемый до изменения строки, возвращает старый кортеж («old») (Рушад Латиа)
- Понижение уровня блокировки при планировании работы автоочистки (Джефф Джейнс)

Предыдущее поведение создавало значительные препятствия для параллельного выполнения рабочих процессов в базах, содержащих множество таблиц.

- Обеспечение копирования имени клиентского компьютера при копировании данных `pg_stat_activity` в локальную память (Эдмунд Хорнер)

Ранее предположительно локальный экземпляр содержал указатель на разделяемую память, вследствие чего содержимое поля с именем клиентского компьютера могло неожиданно измениться при отключении какого-либо сеанса.

- Исправление некорректной обработки нескольких составных аффиксов в словарях `ispell` (Артур Закиров)
- Исправление поиска (то есть сканирования индекса с операторами неравенства), зависящего от правила сортировки, в индексах SP-GiST, построенных по текстовым столбцам (Том Лейн)

Такой поиск мог возвращать неправильный набор строк для большинства правил сортировки, отличных от C.

- Предотвращение утечки памяти на время выполнения запроса в классах операторов SP-GiST, использующих переходящие значения (Антон Дигнос)
- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при изначальном построении индекса SP-GiST (Томаш Вондра)

Ранее количество кортежей в индексе считалось равным количеству кортежей в нижележащей таблице, что неверно в случае частичного индекса.

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при очистке индекса GiST (Андрей Бородин)

Ранее оно считалось равным примерному количеству кортежей в куче, что провоцировало неточность и определённо было ошибочным в случае частичного индекса.

- Исправление поведения в особом случае, когда ведомый реплицирующий сервер «застревал» на записи продолжения WAL (Кётаро Хоригути)
- При логическом декодировании приняты меры во избежание двойной обработки данных WAL при перезапуске передатчика WAL (Крейг Рингер)
- Поддержка использования `scalarltset` и `scalargtsel` с расширенными типами данных (Томаш Вондра)
- Уменьшение потребления памяти `libpq` в случаях, когда сервер выдаёт ошибку после получения большого объёма результата запроса (Том Лейн)

Полученный ранее результат должен быть отброшен до, а не после обработки ошибки. На некоторых платформах, в частности в Linux это может влиять на то, сколько памяти будет занимать приложение.

- Устранение сбоев в `esrg`, вызванных двойным освобождением памяти (Патрик Крекер, Дживан Ладхе)
- Исправление обработки переменных `long long int` в `esrg`, собранном с использованием MSVC (Михаэль Мескес, Эндрю Гирт)
- Исправление некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Переменные `local_preload_libraries`, `session_preload_libraries`, `shared_preload_libraries` и `temp_tablespace` не заключались в кавычки корректно в выводе `pg_dump`. Это могло приводить к проблемам, если эти переменным присваивались значения в конструкциях `CREATE FUNCTION ... SET` или `ALTER DATABASE/ROLE ... SET`.

- Предотвращение отказа `pg_recvlogical` при подключении к серверам PostgreSQL до 10 версии (Микаэль Пакье)

В результате предыдущего исправления программа `pg_recvlogical`, не проверяя версию сервера, выдавала команду, которая должна предназначаться только серверам версии 10 и новее.

- Исправление поведения `pg_rewind`, чтобы на целевом сервере удалялись файлы, которые могли быть удалены в процессе выполнения на исходном сервере (Такаюки Цунакава)

В противном случае на целевом сервере могла нарушаться согласованность данных, особенно если это был файл сегмента WAL.

- Исправление в `pg_rewind` обработки таблиц в дополнительных табличных пространствах (Такаюки Цунакава)
- Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзен-траут)
- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзен-траут)
- Устранение ошибок при изначальном построении индексов `contrib/bloom` (Томаш Вондра, Том Лейн)

Предотвращение возможного исчезновения последнего кортежа таблицы из индекса. Исправление подсчёта количества кортежей в частичных индексах.

- Переименование функций `b64_encode` и `b64_decode` во избежание конфликта со встроенными функциями Solaris 11.4 (Райнер Орт)
- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией 2018e (Том Лейн)

В этой версии усовершенствован компилятор данных часовых поясов `zic` для работы с отрицательными смещениями при переходе на летнее время. Хотя проект PostgreSQL в настоящее время не предоставляет такие данные часовых поясов, `zic` может применяться с данными, полученными непосредственно от IANA, поэтому кажется разумным обновить `zic` сейчас.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018d`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Палестине и Антарктиде (станция Кейси), плюс корректировку

исторических данных для Португалии и её колоний, а также Уругвая и островов Эндербери, Ямайка, Теркс и Кайкос.

Е.13. Выпуск 9.6.8

Дата выпуска: 2018-03-01

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.7. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.13.1. Миграция на версию 9.6.8

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей СУБД не все пользователи взаимно доверяют друг другу либо если вы поддерживаете приложение или расширение, предназначенное для использования в произвольных ситуациях, настоятельно рекомендуется прочитать об изменениях в первой записи ниже и принять соответствующие действия для защиты вашей инсталляции или кода.

Также изменения, описанные во втором пункте списка ниже, могут приводить к сбоям функций, используемых в индексных выражениях или материализованных представлениях, во время автоматического анализа или при восстановлении выгруженных данных. Поэтому после обновления проверьте журнал сервера на предмет подобных проблем и исправьте затронутые функции.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.7, см. Раздел Е.14.

Е.13.2. Изменения

- Добавление в документацию информации о настройке серверов и приложений для защиты от атак с внедрением троянского кода через путь поиска (Ной Миш)

Когда используется значение `search_path`, включающее схемы, доступные для записи злонамеренному пользователю, он может перехватывать управление над выполнением запросов и затем запускать произвольный SQL-код с правами атакуемого пользователя. Хотя есть возможность составлять запросы, защищённые от подобного перехвата, это требует кропотливой работы, и при этом очень легко что-то упустить. Поэтому мы рекомендуем использовать конфигурации, в которых пути поиска не могут включать недоверенные схемы. Соответствующая информация добавлена в Подраздел 5.8.6 (для пользователей и администраторов баз данных), Раздел 34.1 (для разработчиков приложений), Подраздел 38.16.1 (для разработчиков расширений) и CREATE FUNCTION (для разработчиков функций с характеристикой SECURITY DEFINER). (CVE-2018-1058)

- Предотвращение использования небезопасных значений `search_path` в `pg_dump` и других клиентских программах (Ной Миш, Том Лейн)

`pg_dump`, `pg_upgrade`, `vacuumdb` и другие приложения, предоставляемые PostgreSQL, были уязвимы для перехвата выполнения, описанного в предыдущем пункте; так как эти приложения обычно запускаются суперпользователями, они представляли собой привлекательные средства для атаки. Чтобы защитить их вне зависимости от того, защищена ли вся инсталляция в целом, они были изменены так, чтобы для них параметр `search_path` содержал только `pg_catalog`. Теперь это так же касается и рабочих процессов автоочистки.

В случаях, когда этими программами неявно вызываются определённые пользователем функции — например, это могут быть пользовательские функции в выражениях индексов — более строгое значение `search_path` может приводить к ошибкам, которые потребуются исправить так, чтобы эти функции никак не зависели от пути поиска, с которым они выполняются. Это всегда рекомендовалось делать, но сейчас это необходимо для корректного поведения. (CVE-2018-1058)

- Исправление некорректного поведения перепроверок одновременных изменений со ссылками CTE, фигурирующими во внутренних планах (Том Лейн)

Если ссылка на CTE (содержимое предложения `WITH`) использовалась в `InitPlan` или `SubPlan`, и запросу требовалось провести перепроверку из-за попытки изменения или блокировки одновременно изменяемой строки, могли быть получены неверные результаты.

- Устранение сбоев планировщика при перекрывающихся предложениях соединения слиянием во внешнем соединении (Том Лейн)

Эти дефекты приводили в особых случаях к ошибкам планировщика «`left and right pathkeys do not match in mergejoin`» (нарушено соответствие левых и правых ключей пути в соединении слиянием) или «`outer pathkeys do not match mergeclauses`» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния).

- Исправление ошибки в `pg_upgrade`, когда не удавалось сохранить `relfrozenxid` для материализованных представлений (Том Лейн, Андрес Фройнд)

Данное упущение могло приводить к разрушению данных в материализованных представлениях после обновления. Это могло проявляться в ошибках «`could not access status of transaction`» (не удалось получить состояние транзакции) или «`found xmin from before relfrozenxid`» (найден `xmin` перед `relfrozenxid`). Эта проблема была более вероятна в редко обновляемых материализованных представлениях или в представлениях, обновляемых только командой `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY`.

Если такое разрушение имело место, его можно исправить, обновив материализованное представление (без указания `CONCURRENTLY`).

- Исправление некорректной обработки имён функций PL/Python в стеках ошибки `CONTEXT` (Том Лейн)

Ошибка, произошедшая во вложенном вызове функции PL/Python (то есть функции, вызванной через SPI-запрос из другой функции PL/Python), могла привести к тому, что в трассировке стека вместо ожидаемого результата имя внутренней функции фигурировало дважды. Также ошибка во вложенном блоке PL/Python `DO` могла привести к обращению по нулевому указателю на некоторых платформах.

- Максимальное значение `log_min_duration` для `contrib/auto_explain` доведено до `INT_MAX`, что составляет около 24 суток вместо 35 минут (Том Лейн)
- Для разнообразных переменных GUC добавлена пометка `PGDLLIMPORT` в целях облегчения переноса модулей расширений в Windows (Метин Дослу)

Е.14. Выпуск 9.6.7

Дата выпуска: 2018-02-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.6. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.14.1. Миграция на версию 9.6.7

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете оператор `~>` расширения `contrib/cube`, прочитайте ниже запись о нём.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.6, см. Раздел Е.15.

Е.14.2. Изменения

- Временные файлы, создаваемые программой `pg_upgrade`, должны быть недоступны для чтения всеми пользователями (Том Лейн, Ной Миш)

Программа `pg_upgrade` обычно ограничивает доступ к своим временным файлам, чтобы их мог читать и записывать только запускающий её пользователь. Но временные файлы, содер-

жащие вывод `pg_dumpall -g` могли быть доступны для чтения группе или всем пользователям, а возможно и для записи, если это допускало значение `umask` этого пользователя. При типичном использовании в многопользовательских системах `umask` и/или разрешения в рабочем каталоге достаточно жёсткие и эта проблема неактуальна; но `pg_upgrade` может использоваться и в сценариях, где это упущение могло привести, например, к утечке паролей баз данных. (CVE-2018-1053)

- Исправление очистки кортежей, которые были изменены при установленной блокировке разделяемого ключа (Андрес Фройнд, Альваро Эррера)

В некоторых случаях операция `VACUUM` не удаляла такие кортежи, даже когда они теряли актуальность, что приводило к различным сценариям повреждения данных.

- Осуществление очистки очереди добавлений индекса GIN при выполнении `VACUUM` (Масахико Савада)

Это необходимо для гарантированного удаления неактуальных записей индекса. Прежний код делал это в другом порядке, позволяя операции `VACUUM` пропускать очистку, если какие-то другие процессы производили очистку параллельно. Однако при этом в индексе могли оставаться некорректные записи.

- Исправление неправильной блокировки буфера при некоторых чтениях LSN (Якоб Чемпион, Асим Правин, Ашвин Агравал)

Эти ошибки могли приводит к некорректному поведению при многопоточной нагрузке. Потенциальные последствия не были характеризованы полностью.

- Исправление некорректных результатов запросов в случаях, когда происходило упрощение подзапросов, результаты которых использовались в `GROUPING SETS` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение неоправданной ошибки в запросе с деревом наследования, который выполнялся одновременно с тем, как некоторая дочерняя таблица удалялась из этого дерева командой `ALTER TABLE NO INHERIT` (Том Лейн)
- Устранение разнообразных ошибок взаимоблокировки при выполнении в нескольких сеансах команды `CREATE INDEX CONCURRENTLY` (Джефф Джейнс)
- Устранение ошибок в ситуациях, когда дерево наследования содержит дочерние сторонние таблицы (Эцуро Фудзита)

Комбинация обычных и сторонних таблиц в дереве наследования провоцировала построение некорректных планов в запросах `UPDATE` и `DELETE`. Это приводило к видимым ошибкам в некоторых случаях, особенно когда в дочерней сторонней таблице присутствовали триггеры уровня строк.

- Исправление дефекта со связанным подзапросом `SELECT` внутри `VALUES` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Устранение ошибки планировщика «could not devise a query plan for the given query» (не удалось выработать план для данного запроса) в некоторых случаях, включая вложенные `UNION ALL` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Исправление логического декодирования, чтобы файлы на диске корректно очищались от данных сбойных транзакций (Атсуши Торикоши)

Процедура логического декодирования может выносить записи WAL на диск, если транзакции генерируют много записей WAL. Обычно эти файлы очищаются после фиксирования транзакции или поступления записи о её прерывании; но в отсутствие таких записей код очистки работал неправильно.

- Исправление тайм-аута в процессе `walsender` и реакции на прерывания при обработке большой транзакции (Петр Желинек)
- Добавление в `has_sequence_privilege()` поддержки проверок `WITH GRANT OPTION`, как это сделано в других функциях проверки прав (Джо Конвей)

- В базах данных с кодировкой UTF8 любые XML-объявления, выбирающие другую кодировку, должны игнорироваться (Павел Стехуле, Ной Миш)

Мы всегда храним документы XML в кодировке базы данных, так что позволяя libxml обрабатывать объявления с другой кодировкой, мы получим ошибочные результаты. Если кодировка базы — не UTF8, мы в любом случае не обещали поддерживать XML-данные с не ASCII-кодировкой, так что предыдущее поведение сохранено для совместимости ошибок. Это изменение затрагивает только `xpath()` и связанные функции; другой код и ранее работал так.

- Обеспечение прямой совместимости с будущими изменениями младших версий протокола (Роберт Хаас, Бадрул Чоудхури)

Ранее серверы PostgreSQL просто отклоняли запросы на использование версий протокола новее 3.0, так что никакого функционального отличия старших номеров от младших не было. Теперь клиенты могут запрашивать версии 3.x и получать в ответ не отказ, а сообщение, говорящее, что сервер поддерживает только версию 3.0. В данный момент от этого ничего не меняется, но перенос этого изменения в предыдущие версии должен ускорить внедрение небольших усовершенствований протокола в будущем.

- Исправление реакции на сбой при запуске параллельного рабочего процесса (Амит Капила, Роберт Хаас)

Ранее параллельный запрос мог зависнуть на неопределённое время, если не удавалось запустить рабочий процесс, вследствие ошибки в `fork()` или других редких проблем.

- Исправление сбора статистики `EXPLAIN`, получаемой от параллельных исполнителей (Амит Капила, Томас Мунро)
- Устранение небезопасного предположения о выравнивании при работе с типом `__int128` (Том Лейн)

Обычно компиляторы полагают, что переменные `__int128` выравниваются по 16-байтовым границам, но наша инфраструктура выделения памяти не готова гарантировать это, а увеличение `MAXALIGN` кажется неподходящим по множеству причин. В качестве решения код был изменён так, чтобы тип `__int128` можно было использовать только когда мы можем сказать компилятору, что предполагается не такое крупное выравнивание. Единственный замеченный симптом этой проблемы — сбои в некоторых параллельных запросах с агрегированием.

- Предотвращение сбоев с переполнением стека при планировании операций со множествами с крайне большой вложенностью (`UNION/INTERSECT/EXCEPT`) (Том Лейн)
- Ликвидация обращений по нулевому указателю для некоторых типов адресов LDAP, задаваемых в файле `pg_hba.conf` (Томас Мунро)
- Исправление демонстрационных функций `INSTR()` в документации по PL/pgSQL (Юго Нагата, Том Лейн)

В документации утверждалось, что эти функции совместимы с Oracle®, но это было не совсем так. В частности, по-разному интерпретировалось отрицательное значение третьего параметра: Oracle воспринимает это значение как последнюю позицию, с которой может начинаться целевая подстрока, а наши функции считали, что это последняя позиция, где строка может заканчиваться. Также Oracle выдаёт ошибку в случае нулевого или отрицательного четвёртого параметра, тогда как наши функции возвращали ноль.

Код этого примера был изменён для большего соответствия поведению Oracle. Пользователям, которые скопировали этот код в свои приложения, возможно, имеет смысл обновить свои копии.

- Исправление поведения `pg_dump`, чтобы ACL (разрешения), комментарии и метки безопасности можно было надёжно идентифицировать в архивных выходных форматах (Том Лейн)

Компонент «метка» записи ACL в архиве обычно представлял собой просто имя целевого объекта. В его начало теперь добавляется тип объекта, чтобы записи ACL соответствовали согла-

шениям, уже принятым для записей комментариев и меток безопасности. Кроме того, обозначения комментариев и меток безопасности, заданных для собственно базы данных, теперь должны начинаться с `DATABASE`, чтобы они соответствовали тому же соглашению. Это предупреждает ложные срабатывания в коде, который пытается найти записи больших объектов по строкам, начинающимся со слов `LARGE OBJECT`. Прежнее поведение могло приводить к неправильной классификации записей как данные и нежелательным результатам при восстановлении выгруженной только схемы или только данных.

Заметьте, что следствием этого стало изменение видимого пользователями вывода `pg_restore --list`.

- Переименование функции `copy_file_range` в `pg_rewind` во избежание конфликта с новым системным вызовом Linux с таким же именем (Андрес Фройнд)

Это изменение предотвращает ошибки при сборке с новыми версиями `glibc`.

- В `esrc` добавлено выявление массивов индикаторов с неправильной длиной и сообщение об ошибке (Дэвид Рейдер)
- Изменение поведения оператора `cube ~> int` в расширении `contrib/cube` для обеспечения его совместимости с поиском `kNN` (Александр Коротков)

Смысл второго аргумента (выбирающего размерность) был изменён, чтобы можно было определённо сказать, какое именно значение выбирается в кубах переменных размерностей.

Это изменение нарушает совместимость, но так как этот оператор предназначался для поисков `kNN`, в прежнем виде он был бесполезен. После установки этого обновления все материализованные представления или индексы с выражениями, использующими этот оператор, необходимо обновить/перестроить.

- Предотвращение срабатывания проверки истинности внутри `libc` в расширении `contrib/hstore` из-за использования `memcpy()` с равными указателями источника и получателя (Томаш Вондра)
- Исправление некорректного отображения битовых карт `NULL` для кортежей в `contrib/pageinspect` (Максим Милютин)
- В расширении `contrib/postgres_fdw` ликвидирована ошибка планировщика «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния) при построении плана, включающего удалённое соединение (Роберт Хаас)
- Добавление современных примеров настройки автозапуска Postgres в macOS (Том Лейн)

Скрипты в `contrib/start-scripts/osx` используют инфраструктуру, которая устарела десять лет назад, и абсолютно неработоспособны во всех версиях macOS, выпущенных в последние два года. Добавлен новый подкаталог `contrib/start-scripts/macos` со скриптами, использующими новую инфраструктуру `launchd`.

- Исправление некорректного выбора зависящих от конфигурации библиотек OpenSSL в Windows (Эндрю Дунстан)
- Поддержка компоновки с версиями `libperl`, собранными компилятором MinGW (Ной Миш)

Это позволяет собирать PL/Perl с некоторыми распространёнными дистрибутивами Perl для Windows.

- Исправление в сборке MSVC проверки, требуется ли 32-битной `libperl` определение `_D_USE_32BIT_TIME_T` (Ной Миш)

Имеющиеся дистрибутивы Perl ожидают разного, и при этом нет никакой возможности надёжно проверить это, поэтому пришлось добавить проверку фактического поведения используемой библиотеки во время компиляции.

- В Windows обработчик аварийного завершения должен устанавливаться на более раннем этапе запуска главного процесса (Такаяюки Цунакава)

Это поможет получить дампы памяти при ошибках в те моменты в начале запуска, в которые раньше дампы не записывались.

- В Windows устранены сбои, связанные с преобразованием кодовых точек при выводе сообщений на самых ранних стадиях запуска процесса `postmaster` (Такаюки Цунакава)
- Использование нашего ранее написанного кода циклических блокировок для Motorola 68K в OpenBSD, а также в NetBSD (Давид Карлье)
- Добавление поддержки циклических блокировок для Motorola 88K (Давид Карлье)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018c`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Бразилии, в Сан-Томе и Принсипи, а также корректировки исторических данных для Боливии, Японии и Южного Судана. Был удалён часовой пояс `US/Pacific-New` (это был просто псевдоним для пояса `America/Los_Angeles`).

Е.15. Выпуск 9.6.6

Дата выпуска: 2017-11-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.5. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.15.1. Миграция на версию 9.6.6

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете индексы BRIN, прочитайте четвёртую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.4, см. Раздел Е.17.

Е.15.2. Изменения

- Обеспечение проверки разрешений на уровне таблиц и политик RLS при выполнении `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` во всех случаях (Дин Рашид)

Путь изменения данных в команде `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` требовал наличия разрешения `SELECT` для всех столбцов в решающем индексе, но в случае указания решающего ограничения по имени должна была проверяться доступность. Кроме того, для таблиц с включённой защитой на уровне строк не проверялось, соответствуют ли изменённые строки политикам `SELECT` (вне зависимости от способа задания решающего индекса). (CVE-2017-15099)

- Устранение сбоя при несовпадении типа записи в `jsonb_populate_recordset()` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Эти функции использовали тип результата, заданный в предложении `FROM ... AS`, не проверяя, соответствует ли он фактическому типу поступившего кортежа. В случае несоответствия обычно происходил сбой, хотя также вероятным было раскрытие содержимого памяти сервера. (CVE-2017-15098)

- Исправление скриптов запуска сервера — переключение на `$PGUSER` до открытия файла `$PGLOG` (Ной Миш)

Ранее файл журнала `postmaster` открывался ещё под именем `root`. Таким образом, владелец базы данных мог произвести атаку на другого пользователя системы, сделав `$PGLOG` символической ссылкой на некоторый другой файл, который в результате можно было испортить добавленными в него сообщениями журнала.

По умолчанию эти скрипты никуда не устанавливаются. Если вы использовали их, замените свои экземпляры новыми копиями либо внесите те же коррективы в свои вручную изменённые скрипты. Если владельцем существующего файла `$PGLOG` является `root`, его нужно удалить или переименовать прежде чем перезапустить сервер с помощью исправленного скрипта. (CVE-2017-12172)

- Исправление вычисления сводных данных индекса BRIN для корректной работы при одновременном расширении таблицы (Альваро Эррера)

Ранее в условиях гонки некоторые строки таблицы могли пропадать из индекса. Для устранения последствий предыдущих проявлений этой проблемы может потребоваться перестроить существующие индексы BRIN.

- Предупреждение возможных сбоев при параллельных изменениях индекса BRIN (Том Лейн)
В определённых условиях гонки могли возникать ошибки «invalid index offnum» (неверный номер смещения в индексе) или «inconsistent range map» (несогласованность в карте диапазонов).
- Устранение сбоя при вызове логического декодирования из функции, использующей SPI, в частности, из любой функции на одном из языков PL (Том Лейн)
- Исправление некорректных результатов запросов, содержащих в нескольких столбцах `GROUPING SETS` одну и ту же простую переменную (Том Лейн)
- Корректировка неправильных решений по распараллеливанию для вложенных запросов (Амит Капила, Кунтал Гхош)
- Устранение сбоев в обработке параллельных запросов, возможных при удалении недавно использованной роли (Амит Капила)
- Исправление в функциях `json_build_array()`, `json_build_object()` и их аналогах для `jsonb` обработки явно заданных аргументов `VARIADIC` (Микаэль Пакье)
- Корректное недопущение попыток приведения бесконечных значений с плавающей точкой к типу `numeric` (Том Лейн, КайГай Кохэй)

Ранее поведение зависело от платформы.

- Устранение сбоев в особых случаях при добавлении столбцов в конец представления (Том Лейн)
- Фиксирование правильных зависимостей когда представление или правило содержит узлы выражения `FieldSelect` или `FieldStore` (Том Лейн)

В отсутствие этих зависимостей команда `DROP` со столбцом или типом данных может выполняться, когда не должна, что вызовет ошибки при последующем использовании представления или правила. Данное исправление не защищает существующие представления/правила, а повлияет только на создаваемые в будущем.

- Правильное определение хешируемости диапазонных типов данных (Том Лейн)

Планировщик ошибочно полагал, что любой диапазонный тип может хешироваться для использования в соединениях или агрегировании по хешу, но на самом деле он должен проверять, поддерживает ли хеширование подтип диапазона. Это не касается встроенных диапазонных типов, так как все они всё равно хешируемые.

- Игнорирование узлов выражений `RelabelType` при определении уникальности содержимого отношения (Дэвид Роули)

Это позволяет применить оптимизацию, когда результирующий столбец имеет тип `varchar`.

- Предотвращение разделения информации переходного состояния между сортирующими агрегатными функциями (Дэвид Роули)

Вследствие этого разделения возникали сбои во встроенных сортирующих агрегатах и могли также возникать в подобных пользовательских функциях. Начиная с версии 11, предусмотрены средства для надёжной защиты от таких случаев, а в ветвях стабильных выпусков просто отключена оптимизация.

- Недопущение игнорирования значения `idle_in_transaction_session_timeout`, если до этого произошёл таймаут оператора (`statement_timeout`) (Лукас Фиттл)

- Устранение маловероятной потери сообщений NOTIFY вследствие заикливания идентификаторов транзакций (Марко Тииккая, Том Лейн)

Если в сеансе не выполнялись никакие запросы, то есть он просто ждал уведомлений и за это время прошло более 2 миллиардов транзакций, он начинал пропускать уведомления от параллельно фиксируемых транзакций.

- Предупреждение сбоя SIGBUS в Linux, когда в памяти DSM запрашивается область объёма, превышающего свободный объём в tmpfs (Томас Мунро)
- Уменьшение частоты запросов на сброс данных в процессе копирования файлов во избежание проблем с производительностью в macOS, в частности с новой файловой системой APFS (Том Лейн)
- Предотвращение маловероятного сбоя при рекурсивном срабатывании триггеров (Том Лейн)
- Реализована возможность использовать режим FREEZE команды COPY на уровне изоляции транзакций REPEATABLE READ или выше (Ной Миш)

Этот сценарий использования был непреднамеренно потерян вследствие предыдущего исправления ошибки.

- Корректное восстановление значения umask при ошибке создания файла в COPY или lo_export() (Питер Эйзенраут)
- Улучшение сообщения об ошибке в случае дублирующихся имён столбцов в ANALYZE (Натан Боссарт)
- Добавление пропущенных случаев в GetCommandLogLevel() для устранения ошибок при использовании определённых SQL-команд, когда log_statement имеет значение ddl (Микаэль Пакье)
- Исправление разбора последней строки в файле pg_hba.conf, завершающемся не символом перевода строки (Том Лейн)
- Исправление функции AggGetAggref(), чтобы возвращались корректные узлы Aggref для функций завершения агрегатов с объединёнными промежуточными вычислениями (Том Лейн)
- Исправление pg_dump, чтобы команды GRANT выдавались в корректном порядке (Стивен Фрост)
- Исправление в pg_basebackup сравнения путей табличных пространств посредством приведения путей к канонической форме (Микаэль Пакье)

Это особенно полезно в Windows.

- Исправление libpq, чтобы для её работы не требовалось существование домашнего каталога пользователя (Том Лейн)

В версии 10 невозможность найти домашний каталог при попытке прочитать ~/.pgpass считалась критической ошибкой, но эта ситуация должна обрабатываться так же, как и отсутствие данного файла. И в версии 10, и в ветвях предыдущих выпусков была допущена та же ошибка при чтении ~/.pg_service.conf, хотя это было менее очевидно, так как данный файл использовался только при указании имени службы.

- Исправление в libpq защиты от целочисленного переполнения в счётчике строк в PGresult (Микаэль Пакье)
- Исправление в esqr обработки объявлений курсора вне текущей области с переменными типа указатель или массив (Михаэль Мескес)
- В esqlib исправлена обработка обратной косой черты в строковых константах в зависимости от значения standard_conforming_strings (Такаюки Цунакава)
- Игнорирование в esqlib дробной части при вводе целочисленных значений в режиме совместимости с Informix (Гао Цзэнци, Михаэль Мескес)

- Исправление регрессионных тестов `esrg` для более стабильного выполнения в Windows (Кристиан Ульрих, Михаэль Мескес)
- Добавление отсутствующего предварительного требования `temp-install` для целей типа `check` в Make (Ной Миш)

Некоторые невыполняемые по умолчанию тестовые процедуры, подобные `make check`, не проверяли актуальность временной инсталляции.

- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией `tzcode2017c` (Том Лейн)

Тем самым исправлены различные дефекты; единственное, что могут заметить пользователи — правила перевода на летнее время для часового пояса с именем в стиле POSIX в отсутствие файла `posixrules` в каталоге данных часового пояса теперь соответствуют текущему закону США, а не действовавшему десять лет назад.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2017c`, включающее изменения правил перехода на летнее время на Фиджи, в Намибии, Серверном Кипре, Судане, Тонга и на островах Теркс и Кайкос, плюс корректировку исторических данных для Аляски, Апии, Бирмы, Калькутты, Детройта, Ирландии, Намибии и Паго-Паго.

E.16. Выпуск 9.6.5

Дата выпуска: 2017-08-31

В этот выпуск вошло несколько исправлений, внесённых после версии 9.6.4. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу E.21.

E.16.1. Миграция на версию 9.6.5

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.4, см. Раздел E.17.

E.16.2. Изменения

- Отображение сторонних таблиц в представлении `information_schema.table_privileges` (Питер Эйзентраут)

Раньше сторонние таблицы отображались в остальных связанных представлениях `information_schema`, но отсутствовали в этом.

Так как определение этого представления устанавливается программой `initdb`, для решения проблемы будет недостаточно обычного обновления. Если вы хотите исправить существующую инсталляцию, вы можете от имени суперпользователя выполнить в `psql`:

```
SET search_path TO information_schema;
CREATE OR REPLACE VIEW table_privileges AS
    SELECT CAST(u_grantor.rolname AS sql_identifier) AS grantor,
           CAST(grantee.rolname AS sql_identifier) AS grantee,
           CAST(current_database() AS sql_identifier) AS table_catalog,
           CAST(nc.nspname AS sql_identifier) AS table_schema,
           CAST(c.relname AS sql_identifier) AS table_name,
           CAST(c.prtype AS character_data) AS privilege_type,
           CAST(
               CASE WHEN
                   -- object owner always has grant options
                   pg_has_role(grantee.oid, c.relowner, 'USAGE')
                   OR c.grantable
               THEN 'YES' ELSE 'NO' END AS yes_or_no) AS is_grantable,
```

```

        CAST(CASE WHEN c.prtype = 'SELECT' THEN 'YES' ELSE 'NO' END AS yes_or_no)
AS with_hierarchy

FROM (
    SELECT oid, relname, relnamespace, relkind, reloverner,
    (aclexplode(coalesce(relacl, acldefault('r', reloverner)))).* FROM pg_class
    ) AS c (oid, relname, relnamespace, relkind, reloverner, grantor, grantee,
    prtype, grantable),
    pg_namespace nc,
    pg_authid u_grantor,
    (
        SELECT oid, rolname FROM pg_authid
        UNION ALL
        SELECT 0::oid, 'PUBLIC'
    ) AS grantee (oid, rolname)

WHERE c.relnamespace = nc.oid
    AND c.relkind IN ('r', 'v', 'f')
    AND c.grantee = grantee.oid
    AND c.grantor = u_grantor.oid
    AND c.prtype IN ('INSERT', 'SELECT', 'UPDATE', 'DELETE', 'TRUNCATE',
'REFERENCES', 'TRIGGER')
    AND (pg_has_role(u_grantor.oid, 'USAGE')
        OR pg_has_role(grantee.oid, 'USAGE')
        OR grantee.rolname = 'PUBLIC');

```

Это потребуется повторить для каждой базы данных, требующей исправления (включая template0).

- Исправление обработки аварийного выхода (например, при получении SIGTERM) при попытке выполнить ROLLBACK для прерванной транзакции (Том Лейн)

В таких ситуациях мог происходить сбой проверочного утверждения. В выпускаемых сборках выход всё равно производился, но в журнал выводилось неуместное сообщение «cannot drop active portal» (удалить активный портал нельзя).

- Удаление проверочного утверждения, которое могло нарушаться при аварийном выходе (Том Лейн)
- Правильное обнаружение столбцов, имеющих тип диапазона или домена, который определён поверх искомого составного или доменного типа (Том Лейн)

Определённые команды ALTER, меняющие определение составного или доменного типа, должны проверять, нет ли в базе данных значений этого типа, и прерываться, если они есть, так как для изменения или обновления таких значений нет необходимой инфраструктуры. Ранее эти проверки могли пропустить значения, обёрнутые в типы диапазонов или вложенные домены, что могло нарушить целостность в базе данных.

- Предотвращение сбоя при передаче по ссылке типов данных фиксированной длины параллельным рабочим процессам (Том Лейн)
- Устранение сбоя в pg_restore при работе в параллельном режиме и использовании файла-списка объектов, подлежащих восстановлению (Фабрицио де Ройес Мелло)
- Исправление лексического анализатора esrg, чтобы он принимал предложения RETURNING без связанных переменных C (Михаэль Мескес)

Благодаря этому программы esrg могут содержать SQL-конструкции, использующие RETURNING внутри (например, внутри CTE), не определяя значения, которые будут возвращены клиенту.

- Доработка лексического анализатора esrg, чтобы он распознавал продолжения строк команд С-препроцессора с обратной косой чертой (Михаэль Мескес)

- Улучшение выбора флагов компилятора для PL/Perl в Windows (Том Лейн)

В результате этого исправления предотвращаются сбои PL/Perl, возможные из-за некорректных предположений о ширине значений `time_t`. Побочным эффектом, который могут заметить разработчики расширений, стала ликвидация глобального определения `_USE_32BIT_TIME_T` в сборках PostgreSQL для Windows. Это не должно приводить к проблемам, так как тип `time_t` не используется ни в каких определениях API PostgreSQL.

- Исправление поведения `make check` при использовании альтернативной (не GNU) программы `make` (Томас Мунро)

Е.17. Выпуск 9.6.4

Дата выпуска: 2017-08-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.3. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.17.1. Миграция на версию 9.6.4

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете сторонние серверы данных, на которых для проверки подлинности применяются пароли, прочитайте ниже первую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.3, см. Раздел Е.18.

Е.17.2. Изменения

- Дальнейшее ограничение видимости `pg_user_mappings.umoptions` для защиты паролей, сохранённых в свойствах сопоставлений пользователей (Ной Миш)

Исправление дефекта CVE-2017-7486 оказалось некорректным: в результате пользователь мог видеть свойства своего собственного сопоставления, даже когда он не имел права `USAGE` для соответствующего стороннего сервера. В таких свойствах мог содержаться пароль, который должен задавать владелец сервера, а не сам пользователь. Так как представление `information_schema.user_mapping_options` не показывает свойства в таких случаях, и `pg_user_mappings` не должно. (CVE-2017-7547)

Само по себе это исправление корректирует поведение только в новых базах данных, создаваемых `initdb`. Если вы хотите применить это исправление к существующей базе данных, вам нужно будет проделать следующие действия:

1. Добавьте `allow_system_table_mods = true` в `postgresql.conf` и перезапустите сервер. (В версиях, поддерживающих `ALTER SYSTEM`, вы можете воспользоваться этой командой для изменения конфигурации, но перезапустить сервер потребуется всё равно.)
2. В каждой базе данных кластера выполните от имени суперпользователя следующие команды:

```
SET search_path = pg_catalog;
CREATE OR REPLACE VIEW pg_user_mappings AS
    SELECT
        U.oid          AS umid,
        S.oid          AS srvid,
        S.srvname      AS srvname,
        U.umuser       AS umuser,
        CASE WHEN U.umuser = 0 THEN
            'public'
        ELSE
            A.rolname
        END AS username,
```

```

CASE WHEN (U.umuser <> 0 AND A.rolname = current_user
          AND (pg_has_role(S.srvowner, 'USAGE')
               OR has_server_privilege(S.oid, 'USAGE')))
OR (U.umuser = 0 AND pg_has_role(S.srvowner, 'USAGE'))
OR (SELECT rolsuper FROM pg_authid WHERE rolname =
current_user)
      THEN U.umoptions
      ELSE NULL END AS umoptions
FROM pg_user_mapping U
      LEFT JOIN pg_authid A ON (A.oid = U.umuser) JOIN
      pg_foreign_server S ON (U.umserver = S.oid);

```

3. Не забудьте внести коррективы в базах данных `template0` и `template1`, в противном случае уязвимость сохранится в базах, которые будут создаваться впоследствии. Чтобы поправить `template0`, вам потребуется временно разрешить подключения к ней. В PostgreSQL 9.5 и новее вы можете выполнить

```
ALTER DATABASE template0 WITH ALLOW_CONNECTIONS true;
```

, а внеся поправку в `template0`, восстановить прежнее состояние командой

```
ALTER DATABASE template0 WITH ALLOW_CONNECTIONS false;
```

В более ранних версиях вместо этого используйте пару команд

```
UPDATE pg_database SET datallowconn = true WHERE datname = 'template0';
```

```
UPDATE pg_database SET datallowconn = false WHERE datname = 'template0';
```

4. В заключение удалите параметр конфигурации `allow_system_table_mods` и ещё раз перезапустите `postmaster`.
- Запрет пустых паролей для всех методов аутентификации по паролю (Хейкки Линнакангас)

Библиотека `libpq` игнорирует пустое указание пароля и не передаёт его на сервер. Поэтому, если пароль пользователя пустой, `psql` и другие клиенты на базе `libpq` не позволяют подключиться с таким паролем. Как следствие, администратор может решить, что установка пустого пароля равнозначна запрету входа по паролю. Однако с изменённым клиентом или клиентом не на базе `libpq` подключение оказывается возможным, в зависимости от настроенного метода аутентификации. В частности, самый распространённый метод, `md5`, принимает пустые пароли. В результате этого изменения сервер не будет принимать пустые пароли во всех случаях. (CVE-2017-7546)

- Добавление в `lo_put()` проверки права `UPDATE` для целевых больших объектов (Том Лейн, Микаэль Пакье)

Функция `lo_put()`, несомненно, должна требовать наличия тех же прав, что и `lowrite()`, но такая проверка отсутствовала, что позволяло пользователю менять данные в большом объекте. (CVE-2017-7548)

- Исправление в документации описания процесса обновления резервных серверов с использованием `pg_upgrade` (Брюс Момджян)

Ранее в документации говорилось, что нужно запустить/остановить ведущий сервер после запуска `pg_upgrade`, но до синхронизации резервных серверов. Однако эта последовательность небезопасна.

- Исправление одновременной блокировки цепочки изменённых кортежей (Альваро Эррера)

Когда цепочка изменённых кортежей блокируется одновременно несколькими сеансами в неконфликтующем режиме с использованием старого снимка, и все операции завершаются успешно, существовала возможность, что некоторые из них, несмотря на это, нарушатся (и заключат, что актуальной версии кортежа нет) из-за условий гонки. В частности, вследствие этого проверка внешнего ключа могла не увидеть кортеж, который определённо существует, но изменяется параллельной операцией.

- Устранение риска повреждения данных при замораживании кортежа, в котором XMAX равен идентификатору мультитранзакции с ровно одним ещё востребованным членом (Фёдор Сигарев)
- Предупреждение целочисленного переполнения и краха при сортировке в памяти более чем одного миллиарда кортежей (Сергей Копосов)
- В Windows необходимо повторять попытки создания процесса в случае ошибки при резервировании диапазона адресов разделяемой памяти в новом процессе (Том Лейн, Амит Капила)

Это должно устранить периодические сбои при запуске дочерних процессов, возможно, вызванные вмешательством антивирусных программ.

- Устранение маловероятной возможности повреждения разделяемой хеш-таблицы предикатных блокировок в сборках для Windows (Томас Мурро, Том Лейн)
- Предотвращение вывода в журнал сообщения о штатном закрытии SSL-соединения (поведение должно быть таким же, как и при сбросе соединения) (Микаэль Пакье)
- Запрещение передачи сеансовых билетов SSL клиентам (Том Лейн)

Это исправление устраняет сбои при переподключении клиентов с реализациями SSL, в которых эти билеты используются.

- Исправление кода, устанавливающего `tcp_keepalives_idle` в Solaris (Том Лейн)
- Исправление дефекта в сборщике статистики, приводящего к потере запросных сообщений, выдаваемых сразу после перезапуска главного процесса (Том Лейн)

Запросы статистики, выдаваемые в течение полсекунды после предыдущего отключения главного процесса, по сути терялись.

- Размер приёмного буфера в сборщике статистики должен быть не меньше 100 Кбайт (Том Лейн)

Это снижает риск потери данных статистики на старых платформах, где размер приёмного буфера по умолчанию меньше.

- Устранение возможности создания некорректного сегмента WAL при повышении резервного сервера сразу после того, как он обрабатывает запись `XLOG_SWITCH` (Андрес Фройнд)
- Процесс `walsender` должен завершаться своевременно, когда клиент инициирует выключение (Том Лейн)
- Исправление обработки сигналов `SIGHUP` и `SIGUSR1` в процессах `walsender` (Петр Желинек, Андрес Фройнд)
- Предотвращение панического состояния, которое могут вызвать процессы `walsender` во время контрольной точки при выключении (Андрес Фройнд, Микаэль Пакье)
- Устранение неоправданной паузы при перезапуске процессов `walreceiver`, возникающей вследствие условий гонки в главном процессе (Том Лейн)
- Устранение утечки маленьких подтранзакций, оказывающихся на диске при логическом декодировании (Андрес Фройнд)

В результате образовывались временные файлы, занимающие лишнее место на диске.

- Оптимизация операций, необходимых для получения снимков при создании слотов логического декодирования (Андрес Фройнд, Петр Желинек)

Предыдущий алгоритм оказывался очень неэффективным на сервере со множеством открытых транзакций.

- Устранение условий гонки, при которых создание слотов логического декодирования могло откладываться на неопределённое время (Андрес Фройнд, Петр Желинек)

- Уменьшение издержек при обработке событий сброса системного кеша (Том Лейн)

Это особенно полезно для логического декодирования, когда сброс кеша происходит часто.

- Ликвидация некорректной эвристики, применяемой в некоторых случаях для оценки избирательности соединения при наличии ограничений внешнего ключа (Дэвид Роули)

В некоторых случаях, когда существовал внешний ключ по нескольким столбцам, но он не точно соответствовал структуре условия соединения, планировщик использовал эвристическую оценку, которая оказывалась неподходящей. Теперь в таких случаях будет применяться та же логика, что была до версии 9.6.

- Исправление поведения в ситуациях, когда `INSERT` или `UPDATE` присваивает более одного элемента столбцу с типом домена на базе массива (Том Лейн)
- Разрешение использования оконных функций во вложенных `SELECT` в аргументах агрегатной функции (Том Лейн)
- Обеспечение корректного применения предложения `CHECK OPTIONS` для представления, когда нижележащая таблица является сторонней (Эцуро Фудзита)

Ранее операция изменения полностью передавалась на сторонний сервер, и если для представления задавалось ограничение, оно не проверялось.

- Предупреждение конфликта имён с автоматически генерируемыми типами массивов при выполнении `ALTER ... RENAME` (Вик Фиринг)

Ранее автоматически сгенерированный тип массива во избежание конфликта переименовывался при выполнении `CREATE`; данное исправление распространяет это поведение и на операции переименования.

- Устранение потери указателя в `ALTER TABLE` когда для ограничения, принадлежащего таблице, добавлен комментарий (Дэвид Роули)

При повторном применении комментария к воссозданному ограничению мог произойти сбой со странным сообщением или даже с аварийным завершением.

- Добавление для команды `ALTER USER ... SET` всех вариантов синтаксиса, что принимает `ALTER ROLE ... SET` (Питер Эйзентраут)
- Допущение для сторонней таблицы создания ограничений `CHECK` в изначально непроверенном состоянии (`NOT VALID`) (Амит Ланготе)

`CREATE TABLE` просто игнорирует указания `NOT VALID` для ограничений `CHECK`, исходя из того, что таблица должна быть пустой, и поэтому ограничение может сразу считаться проверенным. Но это неверно для команды `CREATE FOREIGN TABLE` — нет причин полагать, что нижележащая таблица пуста, и даже если это так, не мы должны решать, что ограничение проверенное. Поэтому такую «оптимизацию» для сторонних таблиц нужно исключить.

- Обновление информации о зависимости при смене типа аргумента или возврата для функции ввода/вывода с `opaque` на целевой тип (Хейкки Линнакангас)

`CREATE TYPE` изменяет функции ввода/вывода, объявленные в давно устаревшем стиле, но информация о зависимости от этого типа не записывалась, в результате чего после команд `DROP TYPE` могли оставаться дефектные определения функций.

- Допущение распараллеливания в плане запроса, когда `COPY` копирует данные из его результата (Андрес Фройнд)
- Сокращение использования памяти при обработке командой `ANALYZE` столбцов `tsvector` (Хейкки Линнакангас)
- Устранение ненужной потери точности и небрежного округления при умножении и делении значений `money` на целые числа или числа с плавающей точкой (Том Лейн)

- Уточнение проверок пробельных символов в функциях, разбирающих идентификаторы, например `regprocedurein()` (Том Лейн)

В зависимости от используемой локали эти функции могли неправильно воспринимать фрагменты многобайтных символов как пробелы.

- Использование уместных символов `#define` из Perl при сборке PL/Perl (Ашутос Шарма, Том Лейн)

Это предупреждает проблемы переносимости, обычно проявляющиеся в виде ошибок «проверки совместимости» в момент загрузки библиотеки при использовании последних версий Perl.

- Обеспечение в `libpq` корректного сброса состояния аутентификации GSS/SASL и SSPI после неудачной попытки подключения (Микаэль Пакье)

Ранее этот сброс не выполнялся и при переходе с SSL-соединения на не SSL ошибка GSS/SASL при попытке SSL-подключения мешала затем установить обычное подключение, без SSL. С SSPI этого не происходило, но имела место утечка памяти.

- В `psql` устранён сбой, возникающий, когда команда `COPY FROM STDIN` завершалась вводом сигнала EOF с клавиатуры, а затем следовала ещё одна попытка выполнить `COPY FROM STDIN` (Томас Мунро)

Это некорректное поведение наблюдалось в системах, основанных на BSD, (включая macOS), но не в других.

- Исправление программ `pg_dump` и `pg_restore`, чтобы команды `REFRESH MATERIALIZED VIEW` выдавались в конце (Том Лейн)

Это предотвращает ошибки при выгрузке/восстановлении данных, когда материализованное представление ссылается на таблицы, принадлежащие другому пользователю.

- Улучшение вывода в `pg_dump/pg_restore` сообщений об ошибках, возникающих в `zlib` (Владимир Кунщиков, Альваро Эррера)
- Исправление поведения `pg_dump` с ключом `--clean`, чтобы событийные триггеры удалялись должным образом (Том Лейн)

Теперь также правильно назначаются владельцы событийных триггеров; ранее после запуска скрипта восстановления такие триггеры оказывались принадлежащими суперпользователю.

- Исправление поведения `pg_dump` с ключом `--clean`, чтобы существование схемы `public` не требовалось (Стивен Фрост)
- Исправление дефекта в `pg_dump`, когда для пустого класса операторов выдавался некорректный SQL (Даниэль Густафссон)
- Исправление вывода `pg_dump` в `stdout` на платформе Windows (Кунтал Гхош)

Сжатые данные выгрузки в текстовом виде при выводе в `stdout` оказывались испорченными из-за того, что дескриптор файла не переводился в двоичный режим.

- Исправление вывода `pg_get_ruledef()` для правила `ON SELECT`, связанного с представлением, в котором переименовывались столбцы (Том Лейн)

В некоторых особых случаях `pg_dump` использует `pg_get_ruledef()` для выгрузки представлений, так что эта ошибка могла приводить к сбоям при выгрузке/загрузке.

- Исправление выгрузки внешних соединений с пустыми ограничениями, получающихся, например, в результате `NATURAL LEFT JOIN` без общих столбцов (Том Лейн)
- Исправление выгрузки выражений с функциями в предложении `FROM` в случаях, когда эти выражения не преобразуются в нечто, напоминающее вызов функции (Том Лейн)
- Исправление вывода `pg_basebackup` в `stdout` на платформе Windows (Харибабу Комми)

Архивируемые данные при выводе в stdout оказывались испорченными из-за того, что дескриптор файла не переводился в двоичный режим.

- Исправление `pg_rewind` для корректной работы с файлами больше 2 ГБ (Кунтал Гхош, Микаэль Пакье)

Обычно такие файлы в каталогах данных PostgreSQL не образуются, но в некоторых случаях они могут появиться.

- Исправление `pg_upgrade`, чтобы в конечной записи в WAL не оказалось `wal_level = minimum` (Брюс Момджян)

Это могло препятствовать переподключению обновлённых резервных серверов.

- Исправление в `pg_xlogdump` вычисления длины записи WAL (Андрес Фройнд)
- В `postgres_fdw` соединения к удалённым серверам должны устанавливаться заново после команд `ALTER SERVER` и `ALTER USER MAPPING` (Кётаро Хоригути)

Благодаря этому изменения параметров, затрагивающие свойства соединения, вступят в силу своевременно.

- В `postgres_fdw` реализована отмена команд управления удалёнными транзакциями (Роберт Хаас, Рафия Сабих)

Это изменение позволяет быстрее прервать ожидание неответа удалённого сервера в большем количестве случаев, чем раньше.

- Увеличение `MAX_SYSCACHE_CALLBACKS` для выделения дополнительного места расширениям (Том Лейн)
- При сборке разделяемых библиотек с gcc всегда должен передаваться ключ `-fPIC`, а не `-fpic` (Том Лейн)

Это позволяет поддерживать библиотеки расширений большего размера на тех платформах, где эти ключи не равнозначны.

- Для сборок MSVC реализована обработка ситуации, когда библиотека OpenSSL находится не в подкаталоге `vc` (Эндрю Дунстан)
- Для сборок MSVC добавлен нужный путь для заголовочных файлов `libxml2` (Эндрю Дунстан)

Это устраняет прежнюю необходимость перемещения файлов в стандартной установке `libxml2` в Windows.

- Сборки MSVC должны распознавать библиотеку Tcl с именем `tcl86.lib` (Ной Миш)
- В сборках MSVC должны учитываться флаги в параметре `PROVE_FLAGS`, заданном в командной строке `vcregress.pl` (Эндрю Дунстан)

Е.18. Выпуск 9.6.3

Дата выпуска: 2017-05-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.2. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.18.1. Миграция на версию 9.6.3

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете сторонние серверы данных, на которых для проверки подлинности применяются пароли, прочитайте ниже первую запись в списке изменений.

А если вы используете сторонние средства репликации, основанные на «логическом декодировании», обратите внимание на четвёртую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.2, см. Раздел E.19.

E.18.2. Изменения

- Ограничение видимости `pg_user_mappings.umoptions` для защиты паролей, сохранённых в свойствах сопоставлений пользователей (Микаэль Пакье, Фейке Стинберген)

Предыдущая реализация позволяла владельцу объекта стороннего сервера или любому, кто получил право `USAGE`, видеть свойства всех сопоставлений, связанных с этим сервером. В том числе это могли быть и пароли других пользователей. Теперь определение данного представления изменено для соответствия поведению `information_schema.user_mapping_options`, так что эти свойства может прочитать только собственно пользователь сопоставления либо, если это сопоставление роли `PUBLIC`, владелец сервера, либо суперпользователь. (CVE-2017-7486)

Само по себе это исправление корректирует поведение только в новых базах данных, создаваемых `initdb`. Если вы хотите применить это исправление к существующей базе данных, следуйте исправленной процедуре в списке изменений, относящейся к CVE-2017-7547, в Разделе E.17.

- Предотвращение утечки статистической информации через негерметичные операторы (Питер Эйзентраут)

Некоторые функции оценки избирательности в планировщике применяют пользовательские операторы к значениям, получаемым из `pg_statistic`, например, к наиболее частым значениям и элементам гистограммы. Это происходит до проверки прав доступа к таблице, так что злонамеренный пользователь может воспользоваться этим и получить подобные значения из столбцов таблицы, чтение которых ему запрещено. Для устранения этой уязвимости следует переходить к общим оценкам, если функция, реализующая оператор, не считается герметичной и вызывающий её пользователь не имеет права на чтение столбца, статистика по которому требуется планировщику. На практике в большинстве случаев одно из этих условий выполняется. (CVE-2017-7484)

- Восстановление восприятия библиотекой `libpq` переменной окружения `PGREQUIRESSL` (Даниэль Густафссон)

Поддержка этой переменной окружения была непреднамеренно ликвидирована в PostgreSQL 9.3, но в документации она осталась. Это создало угрозу безопасности, так как пользователи могли рассчитывать на то, что она будет требовать SSL-шифрования подключений, но на самом деле этого не происходило. Теперь эта переменная воспринимается как и раньше, но имеет меньший приоритет, чем `PGSSLMODE`, во избежание нарушения конфигураций, работающих корректно с версиями после 9.3. (CVE-2017-7485)

- Исправление потенциально некорректного начального снимка при логическом декодировании (Петр Желинек, Андрес Фройнд)

Изначальный снимок, создаваемый для слота репликации с логическим декодированием, мог быть некорректным. В результате сторонние средства, использующие логическое декодирование, могли получать неполные/несогласованные начальные данные. Вероятность такого сбоя увеличивалась, если при создании слота исходный сервер был загружен либо уже существовал другой логический слот.

Если вы используете средство репликации, основанное на логическом декодировании, и копируете непустой набор данных в начале репликации, имеет смысл пересоздать реплику после установления этого обновления либо сверить содержимое базы с исходным сервером.

- Исправление потенциального повреждения «слоёв инициализации» нежурналируемых индексов (Роберт Хаас, Микаэль Пакье)

Это повреждение могло приводить к переходу нежурналируемого индекса в ошибочное состояние после сбоя и перезапуска сервера. Устранить возникшую проблему можно было, только удалив и перестроив индекс.

- Исправление ошибочного восстановления записей `pg_subtrans` при воспроизведении резервным сервером подготовленных, но не зафиксированных двухфазных транзакций (Том Лейн)

В большинстве случаев это не имело никаких болезненных последствий, но в особых ситуациях могло приводить к заикливанию ссылок в `pg_subtrans`, что, в свою очередь, провоцировало бесконечные циклы в запросах, обращающимся к строкам, изменённым двухфазной транзакцией.

- Предотвращение возможного сбоя в `walsender` при ошибке инициализации буфера строки (Стас Кельвич, Фудзии Масео)
- Предупреждение возможного сбоя при повторном сканировании индекса GiST с использованием только индекса и поиском ближайших соседей (Том Лейн)
- Предотвращение задержек при запуске процессом `postmaster` нескольких параллельных рабочих процессов (Том Лейн)

Ранее была возможна значительная задержка (до нескольких десятков секунд), когда запросу требовалось более одного рабочего процесса, либо когда несколько запросов обращались за рабочими процессами одновременно. На большинстве платформ это происходило при редком стечении обстоятельств, но на некоторых наблюдалось регулярно.

- Исправление поведения `postmaster` при обработке сбоя `fork()` для фонового рабочего процесса (Том Лейн)

Ранее `postmaster` модифицировал элементы своего состояния так, как будто процесс был запущен успешно, что впоследствии приводило к замешательству.

- Исправление потенциальной ошибки «no relation entry for relid 0» (нет записи отношения для relid 0) при планировании вложенных операций с множествами (Том Лейн)
- Устранение разнообразных мелких дефектов в планировании параллельных запросов (Роберт Хаас)
- Исключение применения оптимизации «физического целевого списка» к нестандартным сканированиям (Дмитрий Иванов, Том Лейн)

Эта оптимизация предполагала, что получить все столбцы кортежа можно недорого, что действительно верно для обычных кортежей Postgres, но с нестандартными провайдерами сканирования это может быть не так.

- Использование правильного подвыражения при применении политики защиты на уровне строк `FOR ALL` (Стивен Фрост)

В некоторых случаях применялось ограничение `WITH CHECK`, хотя более уместным было бы ограничение `USING`.

- Обеспечение видимости результатов непосредственно предшествующих DDL при разборе запросов в скриптах расширений (Жульен Рухо, Том Лейн)

Из-за того, что кеш между командами в скрипте расширения не сбрасывался, запрос к данным мог не наблюдать эффектов непосредственно предшествующего ему изменения каталога, например результатов `ALTER TABLE ... RENAME`.

- Ликвидация проверки прав доступа к табличному пространству при перестроении существующего индекса командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN TYPE` (Ной Миш)

Это команда выдавала ошибку, если вызывающий пользователь не имел права `CREATE` для табличного пространства, содержащего индекс. Такое поведение малополезно, так что стоит исключить эту проверку и разрешить перестраивать индекс там, где он находился.

- Предотвращение рекурсивного обращения команды `ALTER TABLE ... VALIDATE CONSTRAINT` к дочерним таблицам когда ограничение помечено как `NO INHERIT` (Амит Ланготе)

Это предупреждает нежелательные сбои типа «constraint does not exist» (ограничение не существует) в случаях, когда в дочерних таблицах нет соответствующего ограничения.

- Устранение потери указателя в COPY ... TO когда для исходной таблицы активна защита на уровне строк (Том Лейн)

Обычно это не имело болезненных последствий, но иногда всё же приводило к неожиданным ошибкам и сбоям.

- Предупреждение обращения к уже закрытому элементу relcache в CLUSTER и VACUUM FULL (Том Лейн)

При особом стечении обстоятельств это могло приводить к тому, что индексы в целевом отношении перестраивались с неправильным режимом сохранения.

- Исправление ошибки команды VACUUM, когда она неправильно учитывала страницы, которые не могла прочитать из-за конфликтующих закрепленных страниц (Эндрю Гирт)

Это провоцировало недооценивание количества кортежей в таблице. В худшем случае с чрезвычайно востребованной таблицей команда VACUUM могла ошибочно сообщить, что таблица вообще не содержит кортежей, что приводило к очень плохим решениям при планировании.

- Обеспечение возможности прерывания циклов массовой передачи кортежей в соединении по хешу при попытке отмены запроса (Том Лейн, Томас Мунро)
- Исправление ошибок в поддержке определенных операторов box в SP-GiST (Никита Глухов)

Сканирование по индексу SP-GiST с использованием операторов &< &> &<| и |&> выдавало некорректные ответы.

- Исправление проблем с переполнением целочисленных значений при сравнении типов interval (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

Операторы сравнения для типа interval могли выдавать неверные ответы для интервалов, превышающих 296000 лет. Индексы по столбцам с такими большими значениями следует перестроить, так как они могут быть испорчены.

- Исправление функции cursor_to_xml(), чтобы она выдавала правильный результат с tableforest = false (Томас Мунро, Питер Эйзенраут)

Ранее она не добавляла внешний элемент <table>.

- Устранение проблем с округлением в функциях float8_timestampz() и make_interval() (Том Лейн)

Эти функции отбрасывали дробную часть, а не округляли числа при преобразовании значения с плавающей точкой к целому числу микросекунд; это могло приводить к неожиданным сдвигам результатов на единицу.

- Исправление функции pg_get_object_address() для членов семейств операторов (Альваро Эррера)
- Исправление отмены pg_stop_backup() при попытке остановить немонопольное резервное копирование (Микаэль Пакье, Дэвид Стил)

Когда функция pg_stop_backup() отменялась, ожидая завершения немонопольного резервного копирования, информация о состоянии оставалась неактуальной; запустить новое монопольное копирование было невозможно, возникали и другие небольшие проблемы.

- Улучшение производительности представления pg_timezone_names (Том Лейн, Дэвид Роули)
- Уменьшение издержек при управлении памятью для контекстов, содержащих множество больших блоков (Том Лейн)
- Исправление неаккуратной обработки редких ошибок в lseek() и close() (Том Лейн)

В типичных ситуациях эти системные вызовы обрабатывают без ошибок, но в случае ошибки код `fd.c` мог повести себя некорректно.

- Исправление некорректной проверки факта работы `postmaster` в виде службы Windows (Микаэль Пакье)

Вследствие ошибки для вывода сообщений мог выбираться системный журнал событий (там где его на самом деле не было), так что запись сообщений фактически не производилась.

- Исправление в `esrg` поддержки `COMMIT PREPARED` и `ROLLBACK PREPARED` (Масахико Савада)
- Исправление ошибки двойного освобождения при обработке строковых констант, заключённых в доллары, в `esrg` (Михаэль Мескес)
- Исправление поведения `rgbench` с сочетанием параметров `--connect` и `--rate` (Фабьен Коэ-льо)
- Исправление в `rgbench` обработки развёрнутого написания параметра `--builtin` согласно документации (Том Лейн)
- Исправление поведения `pg_dump/pg_restore` для корректной обработки прав, назначенных для схемы `public`, при использовании параметра `--clean` (Стивен Фрост)

Другие схемы создаются без назначенных для них прав, но схема `public` представляет собой исключение; когда она удаляется и восстанавливается вследствие указания `--clean`, её нужно обработать особым образом.

- В `pg_dump` исправлена пометка схемы и владельца для комментариев и меток безопасности некоторых типов объектов БД (Джузеппе Брокколо, Том Лейн)

В простых случаях это не проявлялось никак, но например, при восстановлении с выбором схемы, могли потеряться комментарии, которые в ней должны быть, из-за того, что они не были помечены как принадлежащие схеме своего объекта.

- Исправление ошибки в запросе `pg_dump`, предназначенном для получения начальных прав, назначенных для процедурного языка (Питер Эйзентраут)

Вследствие этой ошибки `pg_dump` всегда полагал, что для языка не определены начальные права. Так как это справедливо для большинства процедурных языков, последствия ошибки могли проявляться довольно редко.

- Предотвращение вывода командой `pg_restore -l` некорректного файла со списком объектов, когда имена объектов SQL содержат символы перевода строки (Том Лейн)

Символы перевода строки заменяются пробелами, что достаточно для того, чтобы этот список корректно обработала команда `pg_restore -L`.

- Исправление поведения `pg_upgrade` для корректного переноса комментариев и меток безопасности, связанных с «большими объектами» (BLOB) (Стивен Фрост)

Ранее такие объекты корректно переносились в новую базу данных, но связанные с ними комментарии и метки безопасности терялись.

- Улучшение обработки ошибок в функции `pg_file_write()` из `contrib/adminpack` (Ной Миш)

В частности, она не реагировала на ошибки в вызове `fclose()`.

- Предупреждение утечки предыдущего безымянного соединения при установлении нового безымянного соединения в `contrib/dblink` (Джо Конвей)
- Исправление извлечения триграмм из регулярных выражений в `contrib/pg_trgm` (Том Лейн)

В некоторых случаях это могло приводить к формированию испорченной структуры данных, для которой отсутствуют какие-либо соответствия. Вследствие этого при сканировании по ин-

дексам GIN и GiST с использованием триграмм для регулярного выражения могли не найдаться никакие результаты.

- В `contrib/postgres_fdw` добавлена возможность вынесения на удалённый сервер условий соединения, содержащих функции из поставляемых расширений (Дэвид Роули, Ашутос Бапат)
- Поддержка Tcl 8.6 в сборках с MSVC (Альваро Эррера)
- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией `tzcode2017b` (Том Лейн)

Это устраняет ошибку с некоторыми вариантами перехода на летнее время в январе 2038.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2017b`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Чили, Монголии и на Гаити, а также исторические изменения для Эквадора, Казахстана, Либерии и Испании. Переход к числовым аббревиатурам для ряда часовых поясов в Южной Америке, в Тихом и Индийском океанах, а также в некоторых азиатских и ближневосточных странах.

Ранее в базе данных часовых поясов IANA предоставлялись текстовые аббревиатуры для всех часовых поясов и иногда при этом указывались аббревиатуры, которые практически не употреблялись местным населением. Сейчас происходит процесс ухода от этой практики в пользу использования числовых смещений UTC в тех часовых поясах, где нет никаких свидетельств реального использования английской аббревиатуры. Как минимум на данном этапе, PostgreSQL продолжит принимать подобные удалённые аббревиатуры при вводе дат/времени. Но они не будут видны при просмотре представления `pg_timezone_names` и не будут выводиться с датами/временем.

- Использование корректных правил перехода на летнее время для названий часовых поясов в стиле POSIX при сборке с MSVC (Дэвид Роули)

Сборочные скрипты для MSVC не устанавливали корректно файл `posixrules` в дерево каталогов `timezone`. Это приводило к тому, что код `timezone` переходил к использованию встроенных представлений о том, какой вариант перехода на летнее время применим для названия пояса в стиле POSIX. По историческим причинам это соответствует правилам, которые действовали в США до 2007 г. (то есть переход на летнее время происходил в первое воскресенье апреля, а на зимнее — в последнее воскресенье октября). С этим исправлением для часового пояса с названием в стиле POSIX будут использоваться текущие и исторические даты перехода для пояса `US/Eastern`. Если для вас это нежелательно, удалите файл `posixrules` или замените его файлом другого часового пояса (см. Подраздел 8.5.3). Учтите, что вследствие кеширования вам потребуется перезапустить сервер, чтобы подобные изменения вступили в силу.

Е.19. Выпуск 9.6.2

Дата выпуска: 2017-02-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.1. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.19.1. Миграция на версию 9.6.2

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей инсталляции проявилась ошибка, описанная в первой записи следующего списка изменений, после обновления вам может потребоваться предпринять дополнительные действия для исправления испорченных индексов.

Также, если вы обновляете сервер с версии, более ранней, чем 9.6.1, см. Раздел Е.20.

Е.19.2. Изменения

- Исправление поведения в особых условиях, которое приводило к повреждению индексов, создаваемых командой `CREATE INDEX CONCURRENTLY` (Паван Деоласи, Том Лейн)

Если команда `CREATE INDEX CONCURRENTLY` применялась для построения индекса, зависящего от столбца, ранее не индексируемого, то у строк, изменяемых транзакциями, выполняемыми одновременно с командой `CREATE INDEX`, могли оказываться некорректные записи в индексе. В случае подозрений, что вас это коснулось, самое надёжное решение — перестроить такие индексы после установки этого обновления.

- Предотвращение утери специального снимка, используемого при сканировании каталога, при преждевременной очистке данных (Том Лейн)

Рабочие процессы не учитывали этот снимок, сообщая о своём самом старом `xmin`, что оставляло возможность для удаления по-прежнему нужных данных параллельными операциями очистки. Это приводило к появлению плавающих ошибок с сообщениями «ошибка поиска в кеше для отношения 1255».

- Исправление некорректной записи в WAL, формируемой для индексов BRIN (Кунтал Гхош)

Запись WAL, выдаваемая для страницы BRIN «revmap» при перемещении кортежа индекса в другую страницу, была некорректной. При воспроизведении журнала соответствующая часть индекса становилась непригодной, и её требовалось вычислять заново.

- Безусловное фиксирование в WAL создания «слоя инициализации» для нежурналируемых таблиц (Микаэль Пакье)

Ранее это действие пропускалось при `wal_level = minimal`, но на самом деле это необходимо даже в этом случае, чтобы нежурналируемая таблица корректно создавалась пустой после сбоя.

- Если процесс сборщика статистики потерян, перезапускать его и в режиме горячего резерва (Такаюки Цунакава)
- Обеспечение корректной работы механизма уведомлений горячего резерва, когда он включается при запуске резервного сервера (Антс Аасма, Крейг Рингер)
- Проверка прерываний в момент ожидания конфликтующего запроса сервером горячего резерва (Саймон Риггс)
- Предупреждение постоянного перезапуска процесса запуска автоочистки в особых случаях (Амит Хандекар)

Это исправление решает проблему, возникавшую, когда автоочистка номинально отключена и есть несколько таблиц, требующих «заморозки», но эти таблицы уже обработаны рабочими процессами автоочистки.

- Недопущение установки нулевого значения для поля `num_sync` в `synchronous_standby_names` (Фудзии Масао)

Правильный вариант отключения синхронных резервных серверов — задать пустую строку в качестве всего значения.

- Не учитывать фоновые рабочие процессы при проверке ограничения на число подключений пользователя (Дэвид Роули)
- Исправление проверки на возможность удаления объекта, принадлежащего расширению (Том Лейн)

Скрипты обновления расширений должны иметь возможность удалять объекты расширений, но это запрещалось для последовательностей со столбцами `serial`, а также, возможно, в других случаях.

- Исправление отслеживания начальных прав доступа для объектов, принадлежащих расширению, чтобы это корректно работало с `ALTER EXTENSION ... ADD/DROP` (Стивен Фрост)

Текущие права доступа к объекту в момент добавления его в расширение теперь будут считаться правами по умолчанию; только в случае изменений они будут выгружаться при последующем выполнении `pg_dump`.

- Команда `ALTER TABLE` должна сохранять назначения табличных пространств индексам при перестраивании индексов (Том Лейн, Микаэль Пакье)

Ранее с нестандартными значениями `default_tablespace` были возможны разрушения индексов.

- Исправление некорректного изменения свойств триггерной функции при изменении свойства «откладываемости» ограничения внешнего ключа с помощью команды `ALTER TABLE ... ALTER CONSTRAINT` (Том Лейн)

Это приводило к странным сбоям при последующем обращении к внешнему ключу, так как триггеры срабатывали не в положенное время.

- Недопущение удаления ограничения внешнего ключа при наличии событий, ожидающих обработки триггерами, для целевого отношения (Том Лейн)

Это предотвращает ошибки «не удалось найти триггер `NNN`» и «в отношении `NNN` нет триггеров».

- Исправление поведения `ALTER TABLE ... SET DATA TYPE ... USING` в случаях, когда порядок столбцов в дочерней таблице отличается от родительской (Альваро Эррера)

Вследствие того, что столбцы в выражении `USING` не перенумеровывались, возникала ошибка, обычно такая: «атрибут `N` имеет неправильный тип».

- Исправление обращения к столбцу `OID` в случаях, когда таблица с таким столбцом связывается с родительской, тоже с `OID`, посредством `ALTER TABLE ... INHERIT` (Амит Ланготе)

В таких случаях столбец `OID` должен обрабатываться как обычный пользовательский столбец, но этого не происходило, что приводило к странному поведению при последующих изменениях наследования.

- Команда `CREATE TABLE ... LIKE ... WITH OIDS` должна создавать таблицу с `OID` вне зависимости от того, есть ли `OID` в таблице, указанной в `LIKE` (Том Лейн)
- Исправление поведения `CREATE OR REPLACE VIEW` — запрос представления должен изменяться до применения новых параметров представления (Дин Рашид)

Ранее в команде происходил сбой, если новые параметры оказывались несогласованными со старым определением представления.

- Получение правильного идентификатора объекта в `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION` (Артур Закиров)

Ранее расширениям, таким как модули логического декодирования, выдавался неправильный `OID` каталога.

- Предупреждение сбоев механизма учёта времени транзакций при запросе особых `XID` (`FrozenTransactionId` и `BootstrapTransactionId`) (Крейг Рингер)
- Исправление некорректного использования `reloptions` представлений как `reloptions` обычных таблиц (Том Лейн)

Симптомами ошибки были неуместные сообщения «`ON CONFLICT` не поддерживается для таблицы ..., служащей таблицей каталога» когда целевым отношением `INSERT ... ON CONFLICT` было представление с каскадной проверкой.

- Исправление некорректного сообщения «допустимое число элементов в целевом списке ограничено `N`» при использовании `ON CONFLICT` с широкими таблицами (Том Лейн)
- Устранение ошибок с ложными сообщениями «в запросе обнаружены данные для удалённого столбца» при выполнении `INSERT` или `UPDATE` в таблице с удалённым столбцом (Том Лейн)
- Предотвращение разворачивания `foo.*` в набор столбцов в исходном выражении `UPDATE` (Том Лейн)

Это приводило к ошибкам с сообщением «несоответствие целевого количества в UPDATE --- внутренняя ошибка». Теперь эта запись воспринимается как обозначение переменной «вся строка», как и в других контекстах.

- Обеспечение точного определения модификаторов типа столбцов в конструкциях `VALUES` с несколькими строками (Том Лейн)

Это устраняет проблемы, возникавшие, когда первое значение в столбце имеет воспринимаемый модификатор типа (например, длину значения `varchar`), но последующие значения не разделяют его ограничение.

- При нахождении незаконченной суррогатной пары Unicode в конце строки символов Unicode должна выдаваться ошибка (Том Лейн)

Обычно за начальным суррогатным символом Unicode должно следовать продолжение, но это не проверялось когда такой начальный символ оказывался последним в строке символов Unicode (`U&'...'`) или в Unicode-идентификаторе (`U&"..."`).

- Корректировка выполнения агрегатов с `DISTINCT` и упорядочиванием, когда несколько таких агрегатов могут разделять одно состояние перехода (Хейкки Линнакангас)
- Исправление реализации операторов поиска фраз в `tsquery` (Том Лейн)

Ликвидация некорректных и применяемых несогласованно правил перезаписи, которые пытались оптимизировать операторы И/ИЛИ/НЕ внутри оператора поиска фразы; вместо этого обработка таких выражений была добавлена в сам исполнитель. В результате устранены разнообразные странности в поведении и возможные сбои в запросах полнотекстового поиска, содержащих такие выражения. Также реализовано разумное поведение вложенных операторов поиска фраз не только с простыми деревьями, растущими влево; исправлено поведение при удалении стоп-слов из предложения поиска фразы; обеспечена согласованность поиска по индексу и простого выполнения этих запросов с последовательным сканированием.

- Определённо отрицательному поисковому запросу, например, `!foo`, должны удовлетворять пустые значения `tsvector` (Том Дунстан)

Такие соответствия находились при поиске по индексу GIN, но не при последовательном сканировании или поиске по индексу GiST.

- Предотвращение сбоя в ситуации, когда `ts_rewrite()` заменяет поддереву не верхнего уровня пустым запросом (Артур Закиров)
- Устранение проблем с производительностью в `ts_rewrite()` (Том Лейн)
- Исправление обработки в `ts_rewrite()` вложенных операторов NOT (Том Лейн)
- Увеличение скорости пользовательских агрегатов, использующих в качестве перехода функцию `array_append()` (Том Лейн)
- Исправление `array_fill()` для корректной обработки пустых массивов (Том Лейн)
- Предупреждение возможных сбоев в функциях `array_position()` и `array_positions()` при обработке массивов записей (Джун-сок Янг)
- Устранение выхода на один байт за границу буфера в функции `quote_literal_cstr()` (Хейкки Линнакангас)

Этот выход имел место только если входная строка содержала исключительно апострофы и/или обратные косые черты.

- Предотвращение одновременного выполнения вызовов `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` (Микаэль Пакье)

Это предупреждает сбой проверки истинности и, вероятно, худшие последствия, в случае, если кто-то попытается запустить эти функции параллельно.

- Отключение трансформации, которая пыталась оптимизировать бесполезные преобразования `AT TIME ZONE` (Том Лейн)

Вследствие этого выдавались неверные результаты, когда упрощённое выражение использовалось в условии индекса.

- Сохранение приведений `interval-в-interval`, которые на самом деле несут смысловую нагрузку (Том Лейн)

В некоторых случаях приведения, которые должны были обнулять младшие поля значений `interval`, ошибочно считались бессмысленными и просто убирались. В результате, например, при приведении значения типа `INTERVAL MONTH` к `INTERVAL YEAR` поле месяцев не обнулялось.

- Устранения сбоя в ситуациях, когда число рабочих процессов, доступных для параллельных запросов, уменьшалось при повторном сканировании (Андреас Зельтенрейх)
- Исправление ошибок при передаче значений параметров GUC параллельным исполнителям (Микаэль Пакье, Том Лейн)
- Допущение возможности для операторов, подготовленных командой `PREPARE`, иметь параллельные планы (Амит Капила, Тобиас Бусман)
- Исправление некорректного построения параллельных планов для полусоединений (Том Лейн)
- Исправление оценок количества строк для параллельных соединений (Роберт Хаас)

Эти оценки должны отражать количество строк, которое будет видеть отдельный рабочий процесс, а не общее их число.

- Исправление планировщика, чтобы он не пытался распараллеливать узлы плана, содержащие вложенные и инициализирующие планы (Том Лейн, Амит Капила)
- Аннулирование кешированных планов при изменениях в параметрах сторонних таблиц (Амит Ланготе, Эцуро Фудзита, Ашутосх Бапат)
- Исправление плана, формируемого для частичного агрегирования с выражением `GROUP BY` с константой (Том Лейн)
- Исправление ошибки планировщика «не удалось найти план для CTE» при обработке конструкции `UNION ALL`, включающей CTE (Том Лейн)
- Исправление некорректной обработки инициализирующих планов при принудительном добавлении узла `Material` во вложенный план (Том Лейн)

Типичным проявлением этого дефекта были ошибки «в плане не должно быть обращения к переменной вложенного плана».

- Исправление оценки избирательности соединения по внешнему ключу для полусоединений и антисоединений, а также в ситуациях с наследованием (Том Лейн)

Новый код, принимающий в рассмотрение связь по внешнему ключу, работал неправильно в этих случаях, и оценки оказывались хуже, а не лучше, чем в коде до 9.6.

- Исправление `pg_dump`, чтобы в выгрузку попадали данные последовательности, помеченной как конфигурационная таблица расширения (Микаэль Пакье)
- Корректировка неправильной обработки `ALTER DEFAULT PRIVILEGES ... REVOKE` в `pg_dump` (Стивен Фрост)

Программа `pg_dump` не выдавала требуемые команды `REVOKE` в случаях, когда с помощью `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` некоторые права доступа исключались из начального набора.

- Исправление `pg_dump` для корректной выгрузки пользовательских приведений и преобразований, использующих встроенные функции (Стивен Фрост)
- Реализация более разумного поведения `pg_restore` с `--create --if-exists` в случаях, когда архив содержит нераспознанные команды `DROP` (Том Лейн)

Это не устраняет никакую наблюдаемую ошибку, но может улучшить поведение в будущем, при использовании `pg_restore` с архивом, созданным предыдущей версией `pg_dump`.

- Исправление ограничения нагрузки `pg_basebackup` при низкой скорости ввода/вывода (Антонин Хоуска)

Если скорость диска на время оказывалась ниже заданного ограничения, в вычислении происходило переполнение, и в результате ограничение отключалось до конца операции.

- Обеспечение корректной работы `pg_basebackup` с подкаталогами `pg_stat_tmp` и `pg_replslot`, являющимися символическими ссылками (Магнус Хагандер, Микаэль Пакье)
- Предотвращение возможного сбоя `pg_basebackup` на резервном сервере при задействовании файлов WAL (Амит Капила, Роберт Хаас)
- Усовершенствование `initdb`, чтобы в `postgresql.conf` вставлялись корректные для текущей платформы значения по умолчанию параметров `xxx_flush_after` (Фабьен Коэльо, Том Лейн)

Это позволило описать значения по умолчанию в документации более понятно, чем раньше.

- Исправление возможного дефекта при обработке развёрнутых массивов в ограничениях-проверках доменов и в конструкциях `CASE` (Том Лейн)

Существовала вероятность, что функция PL/pgSQL, вызванная в этих контекстах, изменит или даже удалит значение массива, которое должно сохраняться для дополнительных операций.

- Исправление рекурсивного вызова функций PL/pgSQL в таких контекстах, как проверки ограничений домена, выполняемые при присвоении значения переменной PL/pgSQL (Том Лейн)
- Обеспечение правильного учёта объектов исключений Python, создаваемых нами для PL/Python, счётчиками использования (Рафа де ла Торре, Том Лейн)

Это предотвращает ошибки, возникавшие при использовании объектов после цикла уборки мусора в Python.

- Исправление в PL/Tcl поддержки триггеров для таблиц, в которых имеется столбец `.tupno` (Том Лейн)

Это соответствует (ранее недокументированному) поведению команд PL/Tcl `spi_exec` и `spi_execp`, в том, что особый столбец `.tupno` добавляется, только если отсутствует настоящий с таким именем.

- В файлах `~/.pgpass` должны допускаться завершения строк в стиле DOS, даже на Unix-платформах (Вик Фиринг)

Это изменение упрощает использование одних и тех же файлов паролей на машинах с Unix и Windows.

- Устранение выхода на один байт за границу буфера, когда `esrg` передаётся имя файла, которое заканчивается точкой (Такаюки Цунакава)
- Исправление некорректных сообщений об ошибках при дублировании данных в `psql \crosstabview` (Том Лейн)

`psql` иногда цитировал некорректное содержимое строки/столбца, выдавая сообщение о множественных значениях в одной ячейке перекрёстной таблицы.

- Исправление в `psql` дополнения табуляцией для команды `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` (Жиль Даролд, Стивен Фрост)
- Исправление в `psql` дополнения табуляцией для `ALTER TABLE t ALTER c DROP ...` (Кётаро Хоригути)
- В `psql` пустое или содержащее только пробелы значение переменной окружения `PAGER` должно означать «без постраничника» (Том Лейн)

Ранее с таким значением вывод, предназначенный для постраничника, просто исчезал.

- Улучшение в contrib/dblink передачи сообщений о низкоуровневых ошибках libpq, например, о нехватке памяти (Джо Конвей)
- Реализация contrib/dblink должна игнорировать невоспринимаемые ей параметры сервера, когда в качестве источника параметров подключения используется сторонний сервер contrib/postgres_fdw (Кори Хинкер)

Ранее, если объект стороннего сервера имел параметры, которые не относились к параметрам подключения libpq, происходила ошибка.

- Исправление проблем с переносимостью в функциях contrib/pageinspect, связанных с индексами GIN (Питер Эйзенраут, Том Лейн)
- Устранение возможной потери событий чтения сокета при ожидании в Windows (Амит Капила)

Эта ошибка была безвредной при обычном использовании, но, как оказалось, она приводила к повисаниям при попытке воспользоваться расширением pldebugger.

- В Windows изменённые переменные окружения должны передаваться и отладочным DLL (Кристина Ульрих)
- Синхронизация нашей копии библиотеки timezone с выпущенной IANA версией tzcode2016j (Том Лейн)

Это решило ряд проблем; в частности, проблему при установке данных о часовых поясах в каталог, в котором не поддерживаются жёсткие ссылки.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2016j, включающее изменения правил перехода на летнее время на Северном Кипре (добавление нового пояса Asia/Famagusta), в России (добавление нового пояса Europe/Saratov), в Тонга и в Антарктике/Кейси, плюс корректировку исторических данных для Италии, Казахстана, Мальты и Палестины. Переход к предпочитаемому числовому обозначению пояса для Тонга.

Е.20. Выпуск 9.6.1

Дата выпуска: 2016-10-27

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.6.1. За информацией о нововведениях версии 9.6 обратитесь к Разделу Е.21.

Е.20.1. Миграция на версию 9.6.1

Если используется версия 9.6.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей инсталляции проявились ошибки, описанные в двух первых записях следующего списка изменений, после обновления вам может потребоваться предпринять дополнительные действия для исправления испорченных карт свободного места и/или видимости.

Е.20.2. Изменения

- Корректировка записи в WAL отметки об очистке карт свободного пространства и видимости (Паван Деоласи, Хейкки Линнакангас)

Ранее могло получаться так, что эти файлы не восстанавливались корректно при восстановлении после сбоя или оказывались неправильными на резервном сервере. Обращение к недействительному содержимому карты свободного пространства могло повлечь попытки использовать страницы, которые были стёрты из самого отношения, что обычно приводило к ошибкам типа «не удалось прочитать блок xxx: прочитано только 0 из 8192 байт». Также были возможны нарушения контрольных сумм в карте видимости, при включённом механизме контрольных сумм.

Процедуры для определения наличия проблемы и её исправления рассматриваются в https://wiki.postgresql.org/wiki/Free_Space_Map_Problems.

- Предупреждение возможного повреждения данных в процессе преобразования программой `pg_upgrade` карты видимости отношения в формат 9.6 (Том Лейн)

На машинах с порядком байт от старшего, байты новой карты видимости записывались в неправильном порядке, в результате чего карта оказывалась абсолютно некорректной. В Windows старая карта считывалась в текстовом режиме, что приводило к некорректным результатам, если в карте рядом оказывались байты, представляющие последовательность символов возврат каретки/перевод строки. Последняя ошибка практически всегда должна была приводить к сбою `pg_upgrade` из-за того, что длина файла с картой оказывалась неверной.

Если вы используете компьютер с порядком байт от старшего (таковы многие архитектуры не Intel) и применяли `pg_upgrade` для обновления баз с версии до 9.6, вы должны принять, что все карты видимости некорректны и должны быть перестроены. Для этого достаточно аннулировать карты видимости всех отношений с помощью функции `pg_truncate_visibility_map()` расширения `contrib/pg_visibility`. Более подробную информацию вы можете найти в https://wiki.postgresql.org/wiki/Visibility_Map_Problems.

- Предотвращение ошибок сериализации при операции добавлении данных, конфликтующей с собой же, в `INSERT ... ON CONFLICT` (Томас Мунро, Питер Геохеган)
- Ликвидация риска использования после освобождения при выполнении агрегатных функций с `DISTINCT` (Питер Геохеган)

Это могло приводить к отказам или некорректным результатам запросов.

- Исправление обработки полиморфных агрегатных функций, используемых в качестве оконных (Том Лейн)

Функции перехода агрегата сообщалось, что её первый аргумент и результат имеют выходной тип агрегата, а не тип состояния. Это приводило к ошибкам или сбоям в функциях перехода, связанных с полиморфными агрегатами.

- Исправление `COPY` со списком имён столбцов из таблицы, в которой включена защита на уровне строк (Адам Брайтвелл)
- Исправление `EXPLAIN`, чтобы она выдавала корректный XML, когда параметр `track_io_timing` включён (Маркус Винанд)

Ранее вывод в формате XML содержал синтаксически некорректные теги, как например `<I/O-Read-Time>`. Сейчас выдаётся такой тег: `<I-O-Read-Time>`.

- Исправление обновления статистики при `TRUNCATE` в подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Исправление ошибок при объединении наследуемых ограничений `CHECK` в процессе создания или изменения структуры таблицы (Том Лейн, Амит Ланготе)

Теперь одинаковые ограничения `CHECK` могут добавляться в родительскую и дочернюю таблицу в любом порядке. С другой стороны, слияние проверенного ограничения из родительской таблицы с непроверенным (`NOT VALID`) ограничением в дочерней не должно допускаться. Подобным образом, не должно допускаться слияние дочернего ненаследуемого (`NO INHERIT`) ограничения с наследуемым.

- Вывод разумного значения в `pg_settings.unit` для параметров `min_wal_size` и `max_wal_size` (Том Лейн)
- Исправление замены элементов массива в `jsonb_set()` (Том Лейн)

Если целью замены был существующий элемент массива JSON, он удалялся, а не заменялся новым.

- Предотвращение очень маловероятного повреждения данных в результате проверки видимости кортежа без удержания блокировки буфера (Томас Мунро, Питер Геохеган, Том Лейн)
- Сохранение времени фиксирования транзакций после перезагрузки сервера (Жульен Рухо, Крейг Рингер)

При включённом параметре `track_commit_timestamp` старые метки времени фиксации становились недоступными после полной перезагрузки сервера.

- Исправление логического декодирования WAL в случаях, когда вывод WAL из подтранзакции оказывался слишком большим и вымещался на диск (Андрес Фройнд)
- Ликвидация проблемы с недействительным указателем в механизме логического декодирования WAL (Стас Кельвич)
- Округление размера запроса разделяемой памяти до числа, кратного размеру огромной страницы, когда огромные страницы используются в Linux (Том Лейн)

Это позволяет избежать возможных сбоев в `munmap()` в системах с нетипичными размерами огромных страниц. За исключением случаев краха, эти сбои проявлялись только в сообщениях в журнале.

- Не пытаться разделять контекст SSL между несколькими подключениями в `libpq` (Хейкки Линнакангас)

Такое разделение приводило к разнообразным ошибкам, особенно при попытке использования различных параметров SSL для разных соединений.

- Предотвращение утечек памяти в особых случаях в `libpq` (Том Лейн)

Поступило сообщение об утечке в процессе `PQreset()`, но были возможны проявления и в связанных случаях.

- В `pg_upgrade` проверка загружаемости библиотек должна производиться по порядку имён (Том Лейн)

Это обходное решение проблемы зависимостей между расширениями, образуемых связями модулей трансформации языков с базовыми модулями самих языков и типов данных.

- Исправление `pg_upgrade` для корректной работы с расширениями, содержащими методы доступа индексов (Том Лейн)

Чтобы это было возможно, для сервера была добавлена поддержка команды `ALTER EXTENSION ADD/DROP ACCESS METHOD`. Эта функциональность должна была добавляться в изначальной разработке, реализующей динамическое создание методов доступа, но этого не произошло по упущению.

- Улучшение вывода ошибок в `pg_upgrade` при копировании/создании ссылок/перезаписи (Том Лейн, Альваро Эррера)
- Исправление `pg_dump` для поддержки серверов версий до 7.4 (Амит Ланготе, Том Лейн)
- Недопущение одновременного указания аргументов `--source-server` и `--source-target` для `pg_rewind` (Михаэль Банк)
- Программа `pg_rewind` должна отключать `synchronous_commit` в своём сеансе на исходном сервере (Михаэль Банк, Микаэль Пакье)

При этом `pg_rewind` сможет работать, даже когда на исходном сервере настроена синхронная репликация, но она по какой-то причине не функционирует.

- В `pg_xlogdump` нужно повторять попытку открыть новый сегмент WAL, когда используется параметр `--follow` (Магнус Хагандер)

Это позволяет справиться с возможной задержкой при создании сервером следующего сегмента.

- Исправление в `contrib/pg_visibility`, чтобы выдавался корректный TID испорченного кортежа (ранее TID мог выдаваться некорректно вследствие изменения, впоследствии отменённого) (Том Лейн)
- Исправление зависимостей в `makefile`, чтобы параллельная сборка PL/Python сама по себе выполнялась надёжно (Павел Райскуп)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016h`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Палестине и Турции, а также исторические изменения для Турции и некоторых регионов России. Переход к числовым аббревиатурам для некоторых часовых поясов в Антарктике, бывшем Советском Союзе и на Шри-Ланке.

Ранее в базе данных часовых поясов IANA предоставлялись текстовые аббревиатуры для всех часовых поясов и иногда при этом указывались аббревиатуры, которые практически не употреблялись местным населением. Сейчас происходит процесс ухода от этой практики в пользу использования числовых смещений UTC в тех часовых поясах, где нет никаких свидетельств реального использования английской аббревиатуры. Как минимум на данном этапе, PostgreSQL продолжит принимать подобные удалённые аббревиатуры при вводе дат/времени. Но они не будут видны при просмотре представления `pg_timezone_names` и не будут выводиться с датами/временем.

Начиная с этого выпуска, аббревиатура `AMT` более не считается занятой часовым поясом Армении. Поэтому мы изменили значение этой аббревиатуры по умолчанию, чтобы она обозначала Амазонское время (Amazon Time), так что теперь она означает UTC-4, а не UTC+4.

Е.21. Выпуск 9.6

Дата выпуска: 2016-09-29

Е.21.1. Обзор

В число ключевых усовершенствований PostgreSQL 9.6 входят:

- Параллельное выполнение последовательного сканирования, соединений и агрегатных вычислений
- Предупреждение излишнего сканирования страниц при операциях очистки с заморозкой
- При синхронной репликации стало возможным использовать несколько резервных серверов для увеличения надёжности
- Полнотекстовый поиск теперь позволяет находить фразы (несколько соседних слов)
- `postgres_fdw` теперь может выполнять на удалённой стороне соединение, сортировку, `UPDATE` и `DELETE`
- Существенное увеличение производительности, особенно в части масштабируемости на многопроцессорных серверах

Предыдущие пункты более подробно описаны в следующих разделах.

Е.21.2. Миграция на версию 9.6

Тем, кто хочет мигрировать данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью `pg_dumpall` или воспользоваться `pg_upgrade`.

В версии 9.6 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Рассмотрите следующие несовместимые аспекты:

- Добавление в `pg_stat_activity` информации о том, чего ждёт процесс (Амит Капила, Ильдус Курбангалиев)

Исторически процесс показывался как ожидающий, только если он ожидал тяжёлой блокировки. Теперь в `pg_stat_activity` также показываются ожидания лёгких блокировок и за-

креплений буферов. Также теперь виден тип ожидаемой блокировки. В результате этих изменений столбец `waiting` был заменён столбцами `wait_event_type` и `wait_event`.

- В функции `to_char()` знак минус не должен считаться частью поля с заданной шириной для компонентов времени (Брюс Момджян)

Например, `to_char('-4 years'::interval, 'YY')` теперь возвращает `-04`, а не `-4`.

- Более разумное поведение функции `extract()` с бесконечными значениями в аргументах (Виталий Буровой)

Ранее функция `extract()` просто возвращала ноль для аргумента «бесконечность», вне зависимости от выбранного поля. Теперь она будет возвращать `infinity` или `-infinity` соответственно, когда это поле является монотонно возрастающим (например, `year`, `epoch`), и `NULL` в противном случае (например, `day`, `hour`). Также теперь выдаётся ожидаемая ошибка при некорректном указании поля.

- Ликвидация «особенности» PL/pgSQL, подавляющей строку `КОНТЕКСТ` в сообщениях, выдаваемых командами `RAISE` (Павел Стехуле)

Этот древний трюк для обратной совместимости по общему мнению пережил то время, когда он был полезен.

- Исправление стандартного анализатора текстового поиска, чтобы он принимал начальные цифры во фрагментах текста типа `email` и `host` (Артур Закиров)

В большинстве случаев это не должно отразиться на разборе текста, но если вы часто имеете дело с такими адресами, может иметь смысл перестроить зависимые столбцы и индексы `tsvector`, чтобы адреса этих видов корректно находились при поиске.

- Расширение стандартного файла `unaccent.rules` в модуле `contrib/unaccent` для обработки всех существующих в Unicode диакритик и корректного разворачивания лигатур (Томас Мурро, Леонард Бенедетти)

Предыдущая версия не считала нужным преобразовывать некоторые редкие буквы с диакритическими знаками. Кроме того, лигатуры теперь разворачиваются в отдельные буквы. В инсталляциях, где используется этот файл правил, может иметь смысл перестроить столбцы `tsvector` и зависимые индексы.

- Ликвидация давно считавшихся устаревшими указаний `CREATEUSER/NOCREATEUSER` команды `CREATE ROLE` и родственных ей (Том Лейн)

Указание `CREATEUSER` на самом деле означало `SUPERUSER` из давних соображений относительно обратной совместимости. Это постоянно вводило в заблуждение людей, которые полагали (и имели на это право), что оно означало `CREATEROLE`. Это указание считается устаревшим уже десять лет, так что пора решить эту проблему, убрав его.

- Считать имена ролей, начинающиеся с `pg_`, зарезервированными (Стивен Фрост)

Теперь пользователям будет запрещено создавать роли с такими именами. Это предотвращает конфликты со встроенными ролями, создаваемыми программой `initdb`.

- Смена имени столбца в представлении `information_schema.routines` с `result_cast_character_set_name` на `result_cast_char_set_name` (Клеман Прево)

Стандарт SQL:2011 устанавливает более длинное имя, но это, скорее всего, ошибка, так как у соседних столбцов имена более краткие, как и в других представлениях `information_schema`.

- Параметр `psql -c` теперь не подразумевает поведение параметра `--no-psqlrc` (Павел Стехуле, Каталин Якоб)

Для получения старого поведения нужно явно написать `--no-psqlrc` (или сокращение `-x`). Модифицированные таким образом скрипты будут продолжать работать и со старыми версиями `psql`.

- Усовершенствование функции параметра `pg_restore -t`, чтобы он отбирал все типы отношений, а не только простые таблицы (Крейг Рингер)
- Изменение формата отображения `NextXID` в `pg_controldata` и связанных местах (Джо Конвей, Брюс Момджян)

Отображение значений эпоха-и-ID-транзакции в формате *число:число*. Предыдущий формат *число/число* был похож на формат LSN, что могло вводить в заблуждение.

- Функции расширений, для которых это уместно, помечены как безопасные для распараллеливания (Андреас Карлссон)

Во многие стандартные расширения внесены изменения, чтобы их функции могли выполняться параллельными исполнителями запросов. Эти изменения не вступят в силу в базах данных, обновлённых с предыдущих версий (с помощью `pg_upgrade`), пока вы не примените для каждого такого расширения команду `ALTER EXTENSION UPDATE` (в каждой базе данных кластера).

Е.21.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и выпуском PostgreSQL 9.6.

Е.21.3.1. Сервер

Е.21.3.1.1. Параллельное выполнение запросов

- Параллельные запросы (Роберт Хаас, Амит Капила, Дэвид Роули и многие другие)

С версией 9.6 в PostgreSQL появляется начальная поддержка параллельного выполнения больших запросов. Параллельному выполнению подлежат строго запросы только на чтение, в которых производится последовательное сканирование целевой таблицы. В параллельном режиме могут выполняться и соединения по хешу с вложенными циклами, а также агрегирование (с поддерживаемыми агрегатными функциями). Ещё многое предстоит сделать, но и этот набор возможностей уже весьма полезен.

Параллельное выполнение запросов по умолчанию отключено (пока). Чтобы выключить его, установите для нового конфигурационного параметра `max_parallel_workers_per_gather` значение, большее нуля. Для дополнительной настройки распараллеливания запросов также введены новые параметры `force_parallel_mode`, `parallel_setup_cost`, `parallel_tuple_cost` и `min_parallel_relation_size`.

- Инфраструктура для обозначения параллельно-безопасности функций (Роберт Хаас, Амит Капила)

Е.21.3.1.2. Индексы

- Индексы GIN строятся более эффективно при значениях `maintenance_work_mem`, превышающих 1 ГБ (Роберт Абрахам, Фёдор Сигаев)
- Включение страниц, удаляемых из очереди обработки индекса GIN, сразу в карту свободного пространства (Джефф Джейнс, Фёдор Сигаев)

Это предотвращает замусоривание базы, если таблица очищается нечасто.

- Добавление функции `gin_clean_pending_list()`, позволяющей вручную вызвать очистку очереди обработки индекса GIN (Джефф Джейнс)

Ранее такая очистка производилась только в результате очистки или анализа родительской таблицы.

- Оптимизация обработки «мёртвых» кортежей в индексах GiST (Анастасия Лубенникова)

Кортежи в индексе теперь помечаются как «мёртвые», если при сканировании индекса обнаруживается, что соответствующий кортеж в куче — «мёртвый». Впоследствии, при добавле-

нии новых кортежей, кортежи, помеченные как «мёртвые», могут быть замещены, если требуется место на этой странице.

- Добавлен класс операторов SP-GiST для типа `box` (Александр Лебедев)

Е.21.3.1.3. Сортировка

- Увеличение производительности сортировки за счёт использования quicksort вместо выбора с замещением при выполнении этапов внешней сортировки (Питер Геохеган)

Новый подход позволяет эффективнее использовать кеш процессора при типичных размерах кеша и объёмах данных. Где необходимо, новое поведение можно скорректировать, воспользовавшись новым конфигурационным параметром `replacement_sort_tuples`.

- Ускорение сортировки текста, когда одна и та же строка встречается многократно (Питер Геохеган)
- Ускорение сортировки типов `uuid`, `bytea` и `char(n)` за счёт использования «сокращённых» ключей (Питер Геохеган)

Поддержка сокращённых ключей была также добавлена в дополнительные классы операторов `text_pattern_ops`, `varchar_pattern_ops` и `bpchar_pattern_ops`. Сокращённые ключи теперь могут задействоваться и при вычислении сортирующих агрегатных функций.

- Ускорение команды `CREATE INDEX CONCURRENTLY` за счёт обработки идентификаторов TID как 64-битных целых в процессе сортировки (Питер Геохеган)

Е.21.3.1.4. Блокировки

- Уменьшение конкуренции за `ProcArrayLock` (Амит Капила, Роберт Хаас)
- Улучшение производительности за счёт переноса блокировок содержимого буфера в дескрипторы буферов (Андрес Фройнд, Саймон Риггс)
- Замена циклических блокировок заголовков в общем буфере атомарными операциями для улучшения масштабируемости (Александр Коротков, Андрес Фройнд)
- Использование атомарных операций вместо циклических блокировок для защиты очереди ожидания `LWLock` (Андрес Фройнд)
- Разбиение на части списка свободных элементов для разделяемых по хешу таблиц, для уменьшения конкуренции на многопроцессорных серверах (Александр Алексеев)
- Сокращение взаимоблокировок на резервных серверах при воспроизведении операций очистки индекса-B-дерева (Саймон Риггс)

Это изменение исключает существенные задержки при репликации, которые иногда имели место при воспроизведении таких операций.

Е.21.3.1.5. Статистика оптимизатора

- Улучшение оценок `ANALYZE` для столбцов с большим количеством NULL (Томаш Вондра, Александр Шульгин)

Ранее процедура `ANALYZE` была склонна недооценивать число различных и отличных от NULL значений в столбце со множеством NULL, и также неточно вычисляла наиболее распространённые значения.

- Улучшение оценки планировщиком количества различных значений в результате запроса (Томаш Вондра)
- Использование связей по внешним ключам для оценки избирательности предикатов соединения (Томаш Вондра, Дэвид Роули)

Если в таблице `t` имеется ограничение внешнего ключа, например `(a,b) REFERENCES r(x,y)`, то условие `WHERE` вида `t.a = r.x AND t.b = r.y` не может выбрать больше одной строки из `r` для строки `t`. Ранее планировщик считал объединённые AND условия независимыми и

поэтому часто неправильно оценивал избирательность запроса. Теперь он сравнивает условия `WHERE` с применимыми ограничениями внешнего ключа и получает более точные оценки.

E.21.3.1.6. `VACUUM`

- Предупреждение повторной очистки страниц, содержащих только замороженные кортежи (Масахико Савада, Роберт Хаас, Андрес Фройнд)

Ранее очистка для предотвращения заикливания должна была просматривать все страницы таблицы, даже страницы, с которыми ничего не нужно делать. Теперь страницы, содержащие только замороженные кортежи, обозначаются в карте видимости таблицы, и могут быть пропущены при очистке, даже когда она производится в целях предотвращения заикливания транзакций. Это должно значительно снизить стоимость обслуживания больших таблиц, содержащих в основном постоянные данные.

Если необходимо, при очистке можно принудительно включить обработку полностью замороженных страниц, передав нововведённый параметр `DISABLE_PAGE_SKIPPING`. Это никогда не нужно делать в обычных условиях, но при повреждении карты видимости это может быть полезно.

- Предупреждение бесполезных попыток усечения кучи в процессе `VACUUM` (Джефф Джейнс, Том Лейн)

Это изменение предотвращает исключительную блокировку таблицы в некоторых случаях, когда усечение таблицы невозможно. Прежде всего это полезно тем, что позволяет лишний раз не отменять запросы на резервных серверах.

E.21.3.1.7. Общая производительность

- Возможность аннулирования старых снимков MVCC после настраиваемого промежутка времени (Кевин Гриттнер)

Обычно удалённые кортежи не могут быть ликвидированы физически при очистке, пока не будет отработана последняя транзакция, в которой они могут быть видны. Транзакция, остающаяся открытой в течение долгого времени, таким образом может стать причиной значительного замусоривания таблицы, препятствуя освобождению места. Это средство позволяет задать с помощью нового конфигурационного параметра `old_snapshot_threshold` ограничение времени, в течение которого снимок MVCC будет гарантированно актуальным. По истечении этого времени мёртвые кортежи могут быть удалены. Транзакция, использующая просроченный снимок, получит ошибку, если она попытается прочитать страницу, которая могла бы содержать такие данные.

- Игнорирование в `GROUP BY` столбцов, функционально зависящих от других (Дэвид Роули)

Если в предложение `GROUP BY` включаются все столбцы неотложенного первичного ключа, а также другие столбцы той же таблицы, последние столбцы являются избыточными и могут быть исключены из группировки. Во многих распространённых случаях это упрощает вычисления.

- Возможность использования сканирования только индекса с частичным индексом, когда предложение `WHERE` индекса обращается к не индексированным столбцам (Томаш Вондра, Кётаро Хоригути)

Например, индекс, определённый командой `CREATE INDEX tidx_partial ON t(b) WHERE a > 0`, теперь может использоваться для сканирования только по индексу в запросе, в котором задаётся условие `WHERE a > 0` и никак больше не задействуется `a`. Ранее это использование не допускалось, на основании того, что `a` не входит в число столбцов индекса.

- Выполнение записи в контрольных точках упорядоченным образом (Фабьен Коэльо, Андрес Фройнд)

Ранее, в контрольных точках грязные страницы записывались в том порядке, в каком они располагались в общих буферах, то есть практически в случайном. Это влекло снижение произ-

водительности, особенно на вращающихся носителях. В результате данного изменения запись в контрольных точках будет производиться по порядку файлов и номеров блоков, и будет сбалансирована по табличным пространствам.

- Там, где возможно, вызывать функцию отложенной записи в ядре после некоторого количества операций записи, во избежание накопления «грязных» данных в дисковых буферах ядра (Фабьен Коэльо, Андрес Фройнд)

PostgreSQL записывает данные в дисковый кеш ядра, откуда они будут сброшены в физическое хранилище в нужное время. Многие операционные системы не очень эффективно управляют этим, позволяя накапливаться в памяти большим объемам данных, которые затем приходится сбрасывать на диск одномоментно, что приводит к большим задержкам при очередных операциях ввода/вывода до завершения сброса. Это изменение внесено, чтобы снять эту проблему, явно запрашивая сброс данных через определённый настраиваемый интервал.

В Linux для этой цели применяется функция `sync_file_range()`, и так как она практически безвредна, этот механизм задействуется в Linux по умолчанию. Возможность сброса буфера доступна и на других платформах, где имеется функция `msync()` или `posix_fadvise()`, но эти функции дают некоторые нежелательные побочные эффекты, поэтому на всех платформах кроме Linux данный механизм по умолчанию отключён.

Этим поведением управляют новые конфигурационные параметры `backend_flush_after`, `bgwriter_flush_after`, `checkpoint_flush_after` и `wal_writer_flush_after`.

- Увеличение производительности агрегатных функций в результате разделения вычислений между несколькими агрегатами, если они имеют одинаковые аргументы и функции перехода (Дэвид Роули)

Например, в запросе `SELECT AVG(x), VARIANCE(x) FROM tab` для строки может быть достаточно одной операции для вычисления обоих агрегатов.

- Ускорение проверок видимости для недавно созданных кортежей путём проверки снимка текущей транзакции, вместо `pg_clog`, для определения, должна ли исходная транзакция считаться зафиксированной (Джефф Джейнс, Том Лейн)
- Допущение установки вспомогательных битов кортежей на более раннем этапе (Андрес Фройнд)
- Увеличение производительности подготовленных транзакций с коротким временем жизни (Стас Кельвич, Саймон Риггс, Паван Деоласи)

Информация о двухфазной фиксации теперь записывается только в WAL во время `PREPARE TRANSACTION` и считывается назад из WAL во время `COMMIT PREPARED`, если это имеет место вскоре. Отдельный файл состояния создаётся, только если ожидающая транзакция не фиксируется и не прерывается к моменту следующей контрольной точки.

- Увеличение скорости уничтожения контекста памяти (Ян Вик)
- Увеличение производительности владельцев ресурсов с большим количеством отслеживаемых объектов (Александр Алексеев)
- Увеличение скорости функций вывода типов `timestamp`, `time` и `date` (Дэвид Роули, Андрес Фройнд)
- Недопущение некоторых излишних отмен запросов на серверах горячего резерва при воспроизведении действий, требующих блокировок `AccessExclusive` (Джефф Джейнс)
- Расширение отношений на несколько блоков сразу при конкуренции за блокировку расширения отношения (Дилип Кумар)

Это улучшает масштабируемость и снижает уровень конфликтов.

- Увеличение числа буферов `slog` для лучшей масштабируемости (Амит Капила, Андрес Фройнд)

- Ускорение вычисления выражений в PL/pgSQL за счёт постоянного хранения в памяти записей `ParamListInfo` для простых переменных (Том Лейн)
- Недопущение уменьшения значения `SO_SNDBUF` ниже значения по умолчанию в последних версиях Windows (Чен Хуацзюнь)
- Отключение механизма `update_process_title` по умолчанию в Windows (Такаюки Цунакава)

В Windows издержки изменения заголовка процесса гораздо выше, чем на многих других платформах, и само это изменение менее полезно, так как большинство пользователей Windows не имеют утилит для наблюдения за заголовками процессов.

Е.21.3.1.8. Наблюдение

- Добавление системного представления `pg_stat_progress_vacuum` для наблюдения за процессом выполнения операций `VACUUM` (Амит Ланготе, Роберт Хаас, Винаяк Покале, Рахила Сьед)
- Добавление функций `pg_control_system()`, `pg_control_checkpoint()`, `pg_control_recovery()` и `pg_control_init()`, выдающих поля `pg_control` в SQL (Джо Конвей, Микаэль Пакье)
- Добавление системного представления `pg_config` (Джо Конвей)

В этом представлении выводится та же информация, что выдаётся утилитой командной строки `pg_config`, а именно разнообразные конфигурационные параметры времени компиляции PostgreSQL.

- Добавление столбца `confirmed_flush_lsn` в системное представление `pg_replication_slots` (Марко Тииккая)
- Добавление системного представления `pg_stat_wal_receiver` с информацией о состоянии процесса приёмника WAL на сервере горячего резерва (Микаэль Пакье)
- Добавление функции `pg_blocking_pids()` для надёжного определения, какие сеансы блокируют какие (Том Лейн)

Эта функция возвращает массив идентификаторов процессов всех сеансов, которые блокируют сеанс с заданным идентификатором. Ранее пользователи получали такую информацию, образуя замкнутое соединение с представлением `pg_locks`. Однако сделать это сколь-нибудь корректно слишком сложно, а с внедрением параллельных запросов старый подход стал полностью непрактичным, так как блокировки могут удерживаться или запрашиваться дочерними рабочими процессами, а не главным обслуживающим процессом сеанса.

- Добавление функции `pg_current_xlog_flush_location()` для вывода текущей позиции сброшенной записи в журнале транзакции (Томаш Вондра)
- Добавление функции `pg_notification_queue_usage()`, показывающей, насколько заполнена очередь `NOTIFY` (Брендан Юрд)
- Ограничение подробностей при выводе статистики использования контекстов памяти (Том Лейн)

Информация об использовании памяти, выводимая в протокол главного сервера при нехватке памяти, теперь включает итоговую статистику при большом числе контекстов памяти, вместо одного объёмного отчёта. Также в неё теперь входит итоговая строка «Всего».

Е.21.3.1.9. Аутентификация

- Добавление метода аутентификации BSD, позволяющего использовать для проверки подлинности клиентов PostgreSQL системную службу аутентификации BSD (Мариса Эмерсон)

Аутентификация BSD в настоящее время поддерживается только в OpenBSD.

- Когда используется аутентификация PAM, через поле `PAM_RHOST` модулям PAM может выдаваться IP-адрес или имя компьютера клиента (Гжегож Сампольски)
- Добавление вывода в протокол сервера сообщений о дополнительных типах ошибок при проверке пароля (Том Лейн)

Теперь в случае любых ошибок, которые обычно могут возникать, в протокол должны выдаваться сообщения уровня `ПОДРОБНО`.

- Поддержка паролей RADIUS длиной до 128 символов (Марко Тииккая)
- Добавление новых параметров аутентификации SSPI `compat_realm` и `upn_username`, позволяющих выбрать, как при проверке подлинности SSPI будут использоваться имена области и пользователя (NetBIOS или Kerberos) (Кристиан Ульрих)

Е.21.3.1.10. Настройка сервера

- Возможность автоматического завершения сеансов, которые находятся в состоянии простоя в транзакции слишком долго (Вик Фиринг)

Данное поведение настраивается новым конфигурационным параметром `idle_in_transaction_session_timeout`. Это помогает бороться с забытыми транзакциями, которые могут удерживать блокировки или мешать производить очистку в течение длительного времени.

- Увеличение максимально допустимого значения `checkpoint_timeout` до 24 часов (Саймон Риггс)
- Возможность устанавливать `effective_io_concurrency` для табличного пространства; это полезно в случаях, когда различные табличные пространства имеют разные характеристики ввода/вывода (Жульен Рухо)
- Добавление в `log_line_prefix` спецкода `%n` для вывода текущего времени в формате Unix, с миллисекундами (Томаш Вондра, Джефф Дэвис)
- Добавление конфигурационных параметров `syslog_sequence_numbers` и `syslog_split_messages` для дополнительной манипуляции форматом сообщений при выводе их в syslog (Питер Эйзен траут)
- Объединение значений `archive` и `hot_standby` конфигурационного параметра `wal_level` в одном новом значении `replica` (Питер Эйзен траут)

Различать эти варианты больше не имеет смысла, и их слияние является шагом вперёд к запланированному упрощению организации репликации. Старые варианты по-прежнему принимаются, но внутри преобразуются к `replica`.

- Добавление в `configure` параметра `--with-systemd`, позволяющего вызывать `sd_notify()` при запуске и остановке сервера (Питер Эйзен траут)

Это позволяет использовать единицы служб `systemd` типа `notify`, что значительно упрощает управление PostgreSQL в окружении `systemd`.

- Теперь к файлу SSL-ключа сервера может быть разрешён доступ группы на чтение, если он принадлежит пользователю `root` (Кристоф Берг)

Ранее мы настаивали на том, чтобы файл ключа принадлежал пользователю, запускающему сервер PostgreSQL, но это оказалось неудобным в некоторых системах (например, в Debian), в которых организовано централизованное управление сертификатами. Поэтому стоит допустить случай, когда файл принадлежит `root`, а группа имеет доступ на чтение. И в этом случае администратор отвечает за то, чтобы в эту группу не входили недоверенные пользователи.

Е.21.3.1.11. Надёжность

- Принудительное завершение обслуживающих процессов в случае отключения главного процесса (Раджив Растоги, Роберт Хаас)

При нормальных обстоятельствах главный процесс всегда должен жить дольше своих дочерних процессов. Если же он по какой-то причине умирает, процессы, обслуживающие клиентов, принудительно завершаются с ошибкой. Ранее работающие процессы продолжали выполняться до отключения клиента; но это было небезопасно и неэффективно. Это также не дава-

ло запустить новый управляющий процесс до завершения последнего из старых обслуживающих процессов. Теперь обслуживающие процессы будут проверять, жив ли главный процесс, ожидая ввода/вывода от клиента, так что они завершатся не мгновенно, но это должно произойти не позже завершения текущего запроса.

- Проверка конфликтов сериализуемости перед тем, как будет выдана ошибка нарушения ограничений (Томас Мунро)

В транзакциях сериализуемого уровня изоляции желательно, чтобы ошибка, вызванная параллельными транзакциями, заявлялась как ошибка сериализации, что скажет приложению, что попытка повторить то же действие может быть успешной. К сожалению, это не будет надёжно работать при дублировании ключа при параллельном его добавлении. В результате этого изменения такая ошибка будет выдаваться как ошибка сериализации, если приложение явно проверяет присутствие конфликтующего ключа (и не находит его) до этого в транзакции.

- Сообщения аннулирования должны записываться в WAL, даже если они выдаются транзакцией, которой не назначен XID (Андрес Фройнд)

Это решает проблемы в особых случаях, когда транзакции на резервных серверах не замечали некоторые изменения, например, создание индексов.

- Предупреждение одновременной отработки несколькими процессами очереди изменений в индексе GIN (Фёдор Сигаев, Джефф Джейнс)

Это допускалось намеренно, но вызывало условия гонки, при которых процедура очистки пропускала записи в индексе, которые нужно было удалить.

Е.21.3.2. Репликация и восстановление

- Возможность при синхронной репликации задействовать одновременно несколько синхронных резервных серверов (раньше поддерживался только один) (Масахико Савада, Бина Эмерсон, Микаэль Пакье, Фудзии Масао, Кётаро Хоригути)

Число резервных серверов, которые должны подтвердить фиксацию, прежде чем она будет считаться завершённой, теперь устанавливается в значении параметра `synchronous_standby_names`.

- Добавление нового значения `remote_apply` для конфигурационного параметра `synchronous_commit` (Томас Мунро)

В этом режиме главный сервер ждёт, пока транзакция не будет *применена* на резервном, а не просто сохранена на диске. Это значит, что можно рассчитывать, что транзакция, запущенная на резервном сервере, будет видеть все изменения, подтверждённые на главном.

- Усовершенствование протокола репликации и добавление параметра в функцию `pg_create_physical_replication_slot()` для немедленного резервирования WAL при создании слота репликации (Гуржит Сингх, Микаэль Пакье)

Это позволяет при создании слота репликации гарантировать, что будут доступны все файлы WAL, нужные для базовой копии.

- Добавление ключа `--slot` для `pg_basebackup` (Питер Эйзентраут)

Это позволяет `pg_basebackup` использовать слот репликации, созданный для трансляции WAL. Выбрав тот же слот для обычной потоковой репликации после создания базовой резервной копии, можно запустить новый резервный сервер, не прерывая приём потока.

- Доработка функций `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` для поддержки немонопольного резервного копирования (Магнус Хагандер)

Е.21.3.3. Запросы

- Функции, возвращающие наборы кортежей, теперь могут возвращать просто `NULL` (Эндрю Гирт, Том Лейн)

В контексте `SELECT FROM function(...)` функция, возвращающая набор составных значений, не могла вернуть обычное значение `NULL` в составе набора. Теперь это допускается и такой результат воспринимается как строка с полями `NULL`. Это позволяет избежать ошибок в особых случаях, например, при разворачивании массива составных значений.

- Полная поддержка указаний индексов массивов и выбора полей в списке целевых столбцов команды `INSERT` с несколькими строками `VALUES` (Том Лейн)

Ранее в таких ситуациях возникала ошибка, если один и тот же целевой столбец упоминался более одного раза, например так: `INSERT INTO tab (x[1], x[2]) VALUES (...)`.

- Когда уместно, вычисление выходных выражений `SELECT` откладывается и производится после сортировки `ORDER BY` (Константин Книжник)

В результате этого изменения изменчивые или дорогостоящие функции в выходном списке выполняются в порядке, установленном предложением `ORDER BY`, и не будут вычисляться лишний раз, когда присутствует предложение `LIMIT`. Ранее эта оптимизация имела место, когда сортировка выполнялась при сканировании индекса или перед соединением слиянием, но не когда она производилась на верхнем уровне запроса.

- Расширение счётчиков, хранящих число обработанных кортежей, до 64 бит (Андреас Шербаум)

В результате этого изменения в метках команд, например `SELECT`, теперь будут корректно выдаваться количества кортежей, превышающие 4 миллиарда. Это также распространяется на команду `GET DIAGNOSTICS ... ROW_COUNT` в PL/pgSQL.

- Уход от преобразования некоторых кодировок через кодировку `MULE_INTERNAL` (Том Лейн)

Ранее преобразования кириллических и центральноевропейских однобайтовых кодировок зачастую выполнялись путём перевода в связанную схему `MULE_INTERNAL`, и только затем в целевую кодировку. Помимо того, что это неэффективно, это означает, что при обнаружении непереводимого символа будет выдано некорректное сообщение об ошибке преобразования в/из кодировки `MULE_INTERNAL`, а не кодировки, видимой пользователю.

- Допускать удалённое соединение сторонних таблиц, только если к ним обращается одна и та же роль (Шигеру Ханада, Ашутосх Бапат, Эцуро Фудзита)

Ранее инфраструктура вынесения соединений наружу доверяла заботу о безопасности целиком обёрткам сторонних данных, но при этом в обёртке слишком легко могли непреднамеренно образовываться неочевидные уязвимости. Поэтому решено было в коде ядра определять, какая роль обращается к каждой таблице, и пытаться выносить соединение наружу, только если это одна роль для всех задействованных отношений.

Е.21.3.4. Служебные команды

- Поддержка в `COPY` копирования вывода запроса `INSERT/UPDATE/DELETE ... RETURNING` (Марко Тиккая)

Ранее для этого приходилось создавать промежуточные `CTE` (общие табличные выражения).

- Введение команды `ALTER объект DEPENDS ON EXTENSION` (Абхиджит Менон-Сен)

Эта команда позволяет пометить объект базы данных как зависимый от расширения, чтобы он автоматически ликвидировался при удалении расширения (без явного указания `CASCADE`). Но при этом такой объект не будет частью расширения и поэтому `pg_dump` будет выгружать его отдельно.

- Команда `ALTER объект SET SCHEMA` теперь не будет делать ничего, если объект уже относится к заданной схеме, вместо того, чтобы выдавать ошибку, что имело место раньше для большинства типов объектов (Мартин Раудсепп)

- Добавление в `ALTER OPERATOR` параметров, позволяющих изменять функции оценки избирательности, связанные с существующим оператором (Юрий Журавлёв)
- Добавление указания `IF NOT EXISTS` в команду `ALTER TABLE ADD COLUMN` (Фабрицио де Ройес Мелло)
- Снижение уровня блокировок, запрашиваемых командой `ALTER TABLE` при установке фактора заполнения и параметров отношения, связанных с автоочисткой (Фабрицио де Ройес Мелло, Саймон Риггс)
- Введение команды `CREATE ACCESS METHOD`, позволяющей расширениям создавать методы доступа индексов (Александр Коротков, Петр Желинек)
- Добавление указания `CASCADE` для команды `CREATE EXTENSION`, позволяющего автоматически устанавливать расширения, от которых зависит создаваемое (Петр Желинек)
- Команда `CREATE TABLE ... LIKE` должна включать столбец `OID`, если он есть в какой-либо из исходных таблиц (Брюс Момджян)
- Если ограничение `CHECK` объявлено как `NOT VALID` (непроверенное) в команде создания таблицы, оно должно автоматически помечаться как проверенное (Амит Ланготе, Амул Сул)

Это безопасно, так как в таблице ещё нет строк, и соответствует давно принятому поведению ограничений `FOREIGN KEY`.

- Исправлена команда `DROP OPERATOR`; она должна очищать ссылки на удаляемый оператор `pg_operator.oprcom` и `pg_operator.oprnegate` (Рома Соколов)

Ранее эти ссылки оставались как есть, что было чревато проблемами в довольно маловероятных случаях повторного использования `OID` удалённого оператора другим оператором.

- Один и тот же подплан не должен выдаваться дважды в выводе `EXPLAIN` (Том Лейн)

В некоторых случаях, обычно с узлами `SubPlan` в условиях индексов, команда `EXPLAIN` выводила данные одного и того же подплана дважды.

- Запрет создания индексов по системным столбцам, за исключением `OID` (Дэвид Роули)

Такие индексы никогда не считались поддерживаемыми и провоцировали некорректное поведение, так как система могла менять значения системных столбцов, не обновляя индексы. Однако ранее отсутствовали проверки, которые бы мешали их создавать.

Е.21.3.5. Управление разрешениями

- Использование системы прав для управления доступом к важным функциям (Стивен Фрост)

Ранее многие требующие ограниченного доступа функции содержали жёстко зашитые проверки, которые выдавали ошибки, если эти функции пытался выполнять не суперпользователь. Это вынуждало применять роли суперпользователей для выполнения и некоторых урядных задач. Теперь эти проверки ушли, вместо этого `initdb` отзывает у роли `public` право на выполнение (`EXECUTE`) этих функций. Это позволяет на местах дать право использовать их доверенным ролям, которым не нужны все полномочия суперпользователей.

- Создание нескольких встроенных ролей, используя которые можно давать доступ к операциям, ранее доступным только суперпользователям (Стивен Фрост)

В настоящее время есть только одна такая роль, `pg_signal_backend`, но в дальнейшем ожидается добавление других ролей.

Е.21.3.6. Типы данных

- Усовершенствование полнотекстового поиска; поддержка поиска фраз, то есть лексем, встречающихся рядом в определённом порядке, либо с заданным расстоянием между ними (Фёдор Сигаев, Олег Бартунов, Дмитрий Иванов)

Запрос поиска фразы может быть записан в значении `tsquery` с использованием новых операторов `<->` и `<N>`. Первая запись означает, что лексемы до и после неё должны находиться рядом и в заданном порядке. Вторая запись означает, что они могут быть разделены ровно N лексемами.

- Возможность записать указание среза массива без одной или двух границ, например, `array_col[3:]` (Юрий Журавлёв)

Опущенные границы воспринимаются как значения верхнего или нижнего предела соответствующей позиции в массиве. Это позволяет упростить запись срезов во многих распространённых ситуациях.

- Более аккуратное обращение с датами и временем за пределами допустимого диапазона (Виталий Буровой)

Это изменение предотвращает неожиданные ошибки выхода за пределы диапазона для значений дата/время с часовым поясом, очень близких к предельным значениям реализации. Ранее «одно и то же» значение могло быть принято или нет, в зависимости от значения параметра `timezone` (часового пояса), и как следствие, ранее выгруженные данные могли не загружаться из-за значений, который до этого считались приемлемыми. Теперь границы проверяются по UTC, а не по местному часовому поясу, так что эта проверка не зависит от значения `timezone`.

Также PostgreSQL теперь более аккуратно выявляет переполнение при вычислениях новых значений даты или даты/времени, таких как `date + integer`.

- Обеспечена согласованная обработка значений `infinity` (бесконечность) и `NaN` (не число) в компонентах геометрических типов данных при вводе и выводе (Том Лейн)

Такие значения теперь всегда будут выводиться как они выводились бы в обычном столбце `float8`, и таким же образом будут вводиться. Предыдущее поведение зависело от платформы.

- Добавление в словарь `ispell` поддержки дополнительных языков и современного формата файлов Hunspell (Артур Закиров)
- Реализация условий с просмотром назад в регулярных выражениях (Том Лейн)

Условие с просмотром назад похоже на условие с просмотром вперёд тем, что оно не вбирает текст; оно проверяет наличие (или отсутствие) соответствия, заканчивающегося в текущей позиции в строке, а не начинающегося с текущей позиции. Это поддерживают и многие другие исполнители регулярных выражений.

- Если в регулярных выражениях предположительно трёхсимвольное восьмеричное значение `\nnn` превосходит 377 (255 в десятичном виде), должно считываться только двухсимвольное восьмеричное значение (Том Лейн)

Это поведение соответствует тому, что наблюдается в текущих версиях Tcl.

- Добавление операторов для идентификаторов транзакций `xid <> xid` и `xid <> int4`, для согласованности с соответствующими операторами равенства (Микаэль Пакье)

Е.21.3.7. Функции

- Добавление функции `jsonb_insert()` для вставки нового элемента в массив `jsonb` или ранее не существовавшего ключа в объект `jsonb` (Дмитрий Долгов)
- Увеличение точности функций `ln()`, `log()`, `exp()` и `pow()` для типа `numeric` (Дин Рашид)
- Добавление функции `scale(numeric)`, выдающей масштаб значения `numeric` (Марко Тииккая)
- Добавление тригонометрических функций, работающих с градусами (Дин Рашид)

Например, `sind()` воспринимает свой аргумент в градусах, тогда как `sin()` — в радианах. Эти функции до некоторой степени выдают точный результат для аргументов, для которых его можно ожидать, например, `sind(30) = 0.5`.

- Обработка аргументов `infinity` и `NaN` в тригонометрических функциях по стандарту POSIX (Дин Рашид)

Стандарт POSIX говорит, что эти функции должны возвращать `NaN` для аргумента `NaN` и выдавать ошибку для любых значений вне допустимого диапазона (включая `infinity`). Ранее они вели себя по-разному на разных платформах.

- Функция `to_timestamp(float8)` теперь преобразует `infinity` (бесконечность) в число с плавающей точкой в `infinity` в дате (Виталий Буровой)

Ранее она просто выдавала ошибку для аргумента бесконечность.

- Добавление новых функций для значений `tsvector` (Стас Кельвич)

Это функции `ts_delete()`, `ts_filter()`, `unnest()`, `tsvector_to_array()`, `array_to_tsvector()` и вариация `setweight()`, устанавливающая вес только для заданных лексем.

- Функции `ts_stat()` и `tsvector_update_trigger()` теперь принимают значения, имеющие не только конкретный ожидаемый тип аргумента, но и тип, двоично совместимый с ним; например, они могут принимать `citext` там, где ожидается `text` (Фёдор Сигаев)
- Добавление функций `num_nulls()` и `num_nonnulls()` с переменным числом аргументов, возвращающих число переданных им значений `NULL` и значений, отличных от `NULL` (Марко Тиккая)

Например, их можно использовать в ограничении `CHECK(num_nonnulls(a,b,c) = 1)`, которое требует, чтобы ровно одно из значений `a,b,c` было отлично от `NULL`. Эти функции также могут применяться для подсчёта элементов `NULL` и элементов, отличных от `NULL`, в массиве.

- Добавление функции `parse_ident()` для разбиения полного (и возможно заключённого в кавычки) идентификатора SQL на компоненты (Павел Стехуле)
- Функция `to_number()` воспринимает код формата `v` как признак деления числа на 10 в степени, заданной цифрами после `v` (Брюс Момджян)

Таким образом поведение этой функции оказывается обратным к `to_char()`.

- Функции `to_reg*` теперь принимают тип `text`, а не `cstring` (Пётр Коробейников)

Это избавляет от необходимости записывать явное приведение в большинстве случаев, когда аргумент не является простой строковой константой.

- Добавление функции `pg_size_bytes()` для преобразования понятных человеку объёмов в числа (Павел Стехуле, Виталий Буровой, Дин Рашид)

Эта функция преобразует строки, в частности, те, что выдаёт `pg_size_pretty()`, в количество байтов. Использовать её можно, например, так: `SELECT oid::regclass FROM pg_class WHERE pg_total_relation_size(oid) > pg_size_bytes('10 GB')`.

- Формат вывода отрицательных чисел в `pg_size_pretty()` не должен отличаться от положительных (Адриан фон ден Дриш)

Ранее отрицательные числа никогда не сокращались и всегда выводились в байтах.

- Добавление необязательного аргумента `missing_ok` в функцию `current_setting()` (Дэвид Кристенсен)

Это позволяет избежать ошибки при передаче неизвестного имени параметра; вместо ошибки будет выдан `NULL`.

- Модификация ряда функций просмотра каталога, чтобы они возвращали `NULL` при недопустимых входных данных (Микаэль Пакье)

Функция `pg_get_viewdef()` теперь возвращает `NULL`, получая неправильный `OID` представления; также и другие функции будут возвращать `NULL` при некорректных параметрах. Ранее в

таких случаях обычно возникали ошибки типа «cache lookup failed» (ошибка поиска в кеше), с которыми не должны сталкиваться пользователи.

- Избавление функции `pg_replication_origin_xact_reset()` от аргументов (Фудзии Масао)

В документации говорится, что у неё нет аргументов, и коду функции на С никакие аргументы не нужны, но в записи в `pg_proc` по ошибке указаны два аргумента.

Е.21.3.8. Языки программирования на стороне сервера

- Выявление некорректных операторов `CONTINUE` и `EXIT` в PL/pgSQL при компиляции функции, а не во время выполнения (Джим Нэсби)
- Расширение функций, выдающих ошибки и сообщения в PL/Python, чтобы они могли передавать помимо основного сообщения и дополнительные поля (Павел Стехуле)
- Исправление механизма вызова функций PL/Python, позволяющее производить рекурсивные вызовы этих функций через SPI, и корректировка поведения в ситуации, когда несколько функций на PL/Python, возвращающих множества, вызываются в одном запросе (Алексей Грищенко, Том Лейн)
- Ликвидация утечек памяти в пределах длительности сеанса в PL/Python (Хейкки Линнакангас, Харибабу Комми, Том Лейн)
- Модернизация PL/Tcl, переход от передачи простых строк к «объектному» API Tcl (Джим Нэсби, Карл Лехенбауэр)

Это может значительно увеличить производительность в некоторых случаях. Заметьте, что для PL/Tcl теперь требуется версия Tcl 8.4 или новее.

- В PL/Tcl при возникновении ошибок базы данных теперь возвращается дополнительная информация в глобальной переменной Tcl `errorCode` (Джим Нэсби, Том Лейн)

Это реализовано в соответствии с принятым Tcl соглашением о выдаче дополнительных сведений об ошибке.

- Исправление логики преобразования кодировки в PL/Tcl; строки в кодировке базы данных должны преобразовываться в UTF-8 (кодировку, ожидаемую в Tcl) и обратно (Том Лейн)

Ранее строки передавались без преобразования, что приводило к проблемам с символами вне ASCII, когда кодировка базы была не UTF-8.

Е.21.3.9. Клиентские интерфейсы

- Добавление нелокализуемой версии поля серьёзности в сообщения об ошибках и уведомления (Том Лейн)

Благодаря этому изменению клиентский код может определить уровень серьёзности ошибки или замечания, не имея дела с локализованными вариантами строки важности.

- Введение в `libpq` средства подавления поля `КОНТЕКСТ` в сообщениях об ошибках, либо для всех, либо только для информационных сообщений (Павел Стехуле)

По умолчанию `PQerrorMessage()` теперь выводит `КОНТЕКСТ` только для ошибок. Для корректировки её поведения предназначена новая функция `PQsetErrorContextVisibility()`.

- Добавление в `libpq` возможности переформировать сообщение об ошибке с другим уровнем важности (Алексей Шульгин)

Данную возможность реализует новая функция `PQresultVerboseErrorMessage()`. Это поддерживается новой командой `psql \errverbose` и может быть также полезно для других клиентов.

- Усовершенствование функции `PQhost()` в `libpq`, чтобы она возвращала полезную информацию при подключении к сокету Unix по умолчанию (Том Лейн)

Ранее она возвращала `NULL` в отсутствие явного указания адреса узла; теперь она возвращает путь каталога сокетов по умолчанию.

- Исправление лексического анализатора `esrg`, чтобы он корректно обрабатывал разрывы строк в комментариях, начинающихся в строках с директивами препроцессора (Михаэль Мескес)

Е.21.3.10. Клиентские приложения

- Добавление флага `--strict-names` в `pg_dump` и `pg_restore` (Павел Стехуле)

С этим флагом программа выдаст ошибку, не найдя объектов, заданных параметрами `-t` или `-n`, а не просто не будет ничего делать.

- В `pg_dump` реализована выгрузка локально изменённых назначений прав на системные объекты (Стивен Фрост)

Хотя суперпользователь всегда мог изменить назначения прав для встроенных или созданных расширениями объектов, после выгрузки/загрузки базы эти изменения терялись. Теперь `pg_dump` распознаёт такие назначения и выгружает их. (Однако это работает только при выгрузке данных с сервера 9.6 или новее.)

- Теперь `pg_dump` может выгружать объекты, не принадлежащие расширениям, но находящиеся в принадлежащих им схемах (Мартин Маркиз)

Ранее такие объекты игнорировались, так как ошибочно считались принадлежащими расширению, которому принадлежала их схема.

- В выводе `pg_dump` добавлено имя таблицы в метки тех объектов, которые являются уникальными только в рамках таблицы (как, например, триггеры) (Питер Эйзентраут)

- Поддержка нескольких параметров командной строки `-c` и `-f` (Павел Стехуле, Каталин Якоб)

Эти операции выполняются в том порядке, в каком передаются параметры, а затем `psql` завершается.

- Добавление команды `\crosstabview`, выводящей результаты запроса в виде перекрёстной таблицы (Даниэль Верите)

В этом виде значения из одного столбца результата запроса располагаются в клетках таблицы, заголовки строк и столбцов которой поступают из других столбцов результата.

- Добавление команды `\errverbose`, выводящей последнюю ошибку сервера с максимальной детализацией (Александр Шульгин)

Этим удобно пользоваться при возникновении неожиданной ошибки — больше не нужно корректировать переменную `VERBOSITY` и повторно воспроизводить проблему, чтобы увидеть поля ошибки, которые не показываются по умолчанию.

- Добавление команд `\ev` и `\sv` для редактирования и просмотра определений представлений (Пётр Коробейников)

Эти команды соответствуют существующим командам `\ef` и `\sf` для функций.

- Добавление команды `\getexes`, выполняющей запрос и передающей полученный результат на выполнение как тело нового запроса (Кори Хинкер)

- Команда `\pset C строка` должна устанавливать заголовок таблицы, как это делает `\C строка` (Брюс Момджян)

- В режиме автоматического расширения (`\pset expanded auto`) не нужно применять широкий формат для запросов результата с всего одним столбцом (Андреас Карлссон, Роберт Хаас)

- Улучшение заголовков, выводимых командой `\watch` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Добавление названия, если оно было задано командой `\pset title`, и сокращение предустановленной части заголовка до `время` (каждые `N` с). При этом формат времени теперь определяется локально из окружения `psql`.

- Усовершенствование логики дополнения табуляцией, чтобы в рассмотрение принимался весь введённый запрос, а не только текущая строка (Том Лейн)

Ранее разбиение команды на несколько строк ломало все правила дополнения табуляцией, которым нужно было видеть слова в предыдущих строках.

- Многочисленные улучшения механизма завершения табуляцией (Питер Эйзентраут, Вик Фиринг, Кевин Гриттнер, Кётаро Хоригути, Джефф Джейнс, Андреас Карлссон, Фудзии Масао, Томас Мунро, Масахико Савада, Павел Стехуле)
- Добавление в формат приглашения `PROMPT` спецкода `%r` для отображения ID текущего обслуживающего процесса (Жульен Рухо)
- Введение средства подавления поля `КОНТЕКСТ` в сообщения об ошибках, либо для всех, либо только для информационных сообщений (Павел Стехуле)

Теперь по умолчанию `КОНТЕКСТ` выводится только для ошибок. И это можно изменить с помощью специальной переменной `SHOW_CONTEXT`.

- Добавление в вывод `\df+` прав доступа к функции и характеристик распараллеливания (Микаэль Пакье)
- Команды SQL в `pgbench` теперь завершаются точкой с запятой, а не переводом строки (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

Благодаря этому изменению, команды SQL в скриптах могут располагаться на нескольких строках. Существующие нестандартные скрипты придётся подредактировать и добавить точку с запятой в конце каждой строки, если это не было сделано ранее. (Это не мешает использовать тот же скрипт со старыми версиями `pgbench`.)

- Поддержка арифметики с плавающей точкой, а также некоторых встроенных функций, в выражениях команд с обратной косой чертой (Фабьен Коэльо)
- Замена `\setrandom` встроенными функциями (Фабьен Коэльо)

Новые встроенные функции `random()`, `random_exponential()` и `random_gaussian()` делают то же, что и `\setrandom`, но проще в использовании, так как их можно задействовать в более сложных выражениях. Так как в результате этого добавления команда `\setrandom` стала ненужной, она была ликвидирована.

- Возможность многократно запускать и встроенные, а не только нестандартные скрипты (Фабьен Коэльо)

Для этого введён ключ `-b`, работающий подобно ключу `-f` для нестандартных скриптов.

- Возможность изменения вероятностей выбора (весов) скриптов (Фабьен Коэльо)

Когда указывается несколько скриптов, какой из них будет выполняться, для каждой транзакции `pgbench` выбирается случайным образом. Ранее выбор каждого было равновероятен, но теперь для разных скриптов можно задать разные вероятности выбора.

- Сбор статистики по каждому скрипту при запуске нескольких скриптов (Фабьен Коэльо)

Это добавляет промежуточный уровень детализации к существующим двум — глобальной статистике и статистике в разрезе команд.

- Добавление параметра `--progress-timestamp` для вывода текущего времени эпохи Unix вместо времени с момента запуска теста (Фабьен Коэльо)
- Возможность устанавливать число клиентских соединений (`-c`), не кратное количеству потоков (`-j`) (Фабьен Коэльо)

- Когда задаётся параметр `-T`, завершать работу именно по истечении заданного времени (Фабьен Коэльо)

Ранее, если выбиралась низкая частота транзакций, программа `pgbench` могла ждать значительно дольше заданного времени.

Е.21.3.11. Серверные приложения

- Улучшение вывода ошибок в `initdb` на стадии после начальной инициализации (Том Лейн)

Ранее при возникновении ошибок в качестве «ошибочного запроса» выдавался весь входной файл; теперь выдаётся только текущий запрос. Чтобы получить желаемое поведение, теперь запросы во входных файлах `initdb` нужно разделять пустыми строками.

- Ускорение `initdb` благодаря использованию только одного серверного сеанса для всех операций после инициализации (Том Лейн)
- Усовершенствование программы `pg_rewind`, чтобы она могла работать при изменении целевой линии времени (Александр Коротков)

Это позволяет, например, перемотать повышенный резервный сервер к какому-то предыдущему состоянию на линии времени прежнего главного сервера.

Е.21.3.12. Исходный код

- Удаление устаревших функций `heap_formtuple/heap_modifytuple/heap_deformtuple` (Питер Геохеган)
- Добавление макросов, призванных сделать вызовы `AllocSetContextCreate()` проще и безопаснее (Том Лейн)

Теперь указание индивидуальных параметров размера для контекста памяти считается устаревшим в пользу использования одного из новых макросов `ALLOCSET_DEFAULT_SIZES`, `ALLOCSET_SMALL_SIZES` или `ALLOCSET_START_SMALL_SIZES`. Однако существующий код будет работать по-прежнему.

- Безусловное использование функций `static inline` в заголовочных файлах (Андрес Фройнд)

Это может привести к предупреждениям или генерации лишнего кода с очень старыми компиляторами, но упрощение записи стоит того.

- Усовершенствование инфраструктуры тестирования TAP (Микаэль Пакье, Крейг Рингер, Альваро Эррера, Стивен Фрост)

А именно, теперь эта инфраструктура позволяет тестировать сценарии восстановления.

- Когда используется `trace_lwlocks`, идентифицировать отдельные блокировки по имени (Роберт Хаас)
- Улучшение инфраструктуры `psql`, обеспечивающей дополнение кода табуляцией (Томас Мурро, Микаэль Пакье)

Правила дополнения табуляцией стали компактнее и писать их стало легче.

- Закрепление системного каталога `pg_shseclabel` в кеше, чтобы он был доступен при проверке подлинности в момент подключения (Адам Брайтвелл)

Код ядра не использует этот каталог для аутентификации, но к нему могут обращаться расширения.

- Реструктуризация API методов доступа индексов с целью в большей степени скрыть его на уровне C (Александр Коротков, Эндрю Гирт)

В результате этого изменения API индексных методов становится больше похожим на API, принятый для обёрток сторонних данных и генераторов выборки из таблицы. Это упрощает код C и должно сделать более приемлемой реализацию методов доступа индексов в установ-

ливаемых расширений. Данное изменение позволило удалить из системного каталога `pg_am` многие столбцы. Чтобы SQL-запросы могли анализировать свойства МД индексов, которые раньше были доступны в `pg_am`, были добавлены новые функции проверки свойств.

- Добавление системного каталога `pg_init_privs` для записи изначальных прав, назначаемых для объектов, которые создаёт `initdb` и расширения (Стивен Фрост)

Благодаря этой инфраструктуре `pg_dump` может выгружать изменённые в данной установке назначения прав на системные объекты. Ранее такие назначения терялись после выгрузки/загрузки, но теперь они сохраняются.

- Изменение способа запрашивания дополнительных лёгких блокировок расширениями (Амит Капила, Роберт Хаас)

Функция `RequestAddinLWLocks()` была удалена, а ей на смену пришла `RequestNamedLWLockTranche()`. С новым подходом будет проще идентифицировать лёгкие блокировки и сложнее допустить ошибку.

- Усовершенствование тестировщика изоляции, чтобы в состоянии ожидания могли находиться сразу несколько сеансов; это позволяет тестировать сценарии взаимоблокировок (Роберт Хаас)
- Введение расширяемых типов узлов (КайГай Кохэй)

В результате этого изменения обёртки сторонних данных или провайдеры нестандартного сканирования могут сохранить данные в дереве плана в более удобном формате, чем было возможно ранее.

- Планировщик должен рассматривать дальнейшие шаги после сканирования/объединения, генерируя и сравнивая структуры `Path`; это позволяет упростить большой объём несистематической логики (Том Лейн)

Сегодня это изменение практически никак не проявляется для конечных пользователей, но в будущем оно позволит реализовать множество усовершенствований планировщика, которые не вписывались в старую структуру кода.

- Поддержка частичного агрегирования (Дэвид Роули, Саймон Риггс)

Это изменение позволяет разделить вычисление агрегатной функции на части, например, чтобы параллельные рабочие процессы могли вычислять её совместно. В будущем это может позволить производить агрегатное вычисление по локальным и удалённым данным частично на удалённой стороне.

- Внедрение универсального механизма для отслеживания процесса выполнения команд (Винак Покале, Рахила Сьед, Амит Ланготе, Роберт Хаас)
- Выделение из `psql` лексического анализатора `flex`, чтобы его можно было использовать в других клиентских программах (Том Лейн, Кётаро Хоригути)

Это избавляет от необходимости дублировать код для программ, которым нужно достаточно хорошо понимать команды SQL, чтобы распознавать границы команд. Полноценно реализовать это оказывается гораздо сложнее, чем хотелось бы, и на данный момент только `psql` из всех поддерживаемых клиентских программ делает это на самом деле правильно.

Для размещения этого и другого кода, который будут совместно использовать наши клиентские программы, был создан новый подкаталог `src/fe_utils/`. Раньше для такого совместного использования приходилось создавать символические ссылки или копировать исходные файлы во время сборки, что было некрасиво и требовало двойной компиляции.

- Внедрение нового API `WaitEventSet` для эффективного ожидания набора событий, которые обычно не меняются от одного цикла ожидания к другому (Андрес Фройнд, Амит Капила)
- Добавление унифицированного интерфейса для добавления записей в WAL (Александр Коротков, Петр Желинек, Маркус Нуллмейер)

Благодаря этому изменению, расширения могут записывать в WAL изменения страниц со стандартной структурой. При этом проблема воспроизведения WAL без доступа к этому расширению решается универсальным кодом воспроизведения. Это позволяет расширениям реализовывать, например, свои методы доступа индексов и рассчитывать на то, что WAL будет поддерживать их.

- Поддержка произвольных сообщений WAL при логическом декодировании (Петр Желинек, Андреас Фройнд)

Этот механизм позволяет расширениям вставлять в поток WAL произвольные данные, которые могут быть прочитаны модулями логического декодирования, но не связаны с физическим восстановлением данных.

- Реализация возможности для классов операторов SP-GiST сохранять произвольное «переходящее значение» при проходе по индексу (Александр Лебедев, Фёдор Сигаев)

Это может быть нечто вроде «восстановленного значения», но могут быть и произвольные данные, не обязательно того же типа, что индексируемый столбец.

- Введение уровня сообщений `LOG_SERVER_ONLY` для `ereport()` (Дэвид Стил)

Этот уровень обрабатывается как `LOG`, за исключением того, что такое сообщение никогда не передаётся клиенту. Он предназначен для организации аудита и подобных приложений.

- Реализация в `Makefile` цели для сборки всех генерируемых заголовочных файлов (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Теперь, чтобы убедиться, что все генерируемые серверные заголовочные файлы актуальны, можно выполнить сборку цели `submake-generated-headers`. Это полезно в подкаталогах, которые могут собираться «отдельно».

- Поддержка OpenSSL 1.1.0 (Андреас Карлссон, Хейкки Линнакангас)

E.21.3.13. Дополнительные модули

- Добавление параметра конфигурации `auto_explain.sample_rate`, устанавливающего для `contrib/auto_explain` процент запросов, подлежащих анализу (Крейг Рингер, Жульен Рухо)

Это позволяет снизить издержки при большой нагрузке и при этом всё же получать полезную общую информацию.

- Добавление модуля `contrib/bloom`, реализующего метод доступа индекса на основе фильтра Блума (Фёдор Сигаев, Александр Коротков)

Это в первую очередь пилотная реализация метода доступа вне ядра, но этот модуль может иметь и практическую пользу для запросов, производящих поиск по множеству столбцов.

- В модуле `contrib/cube` введены операторы расстояния для кубов и поддержка поиска в стиле kNN в индексах GiST по столбцам типа `cube` (Стас Кельвич)
- Согласование представления о числах в функциях `hstore_to_jsonb_loose()` и `hstore_to_json_loose()` расширения `contrib/hstore` (Том Лейн)

Ранее функция `hstore_to_jsonb_loose()` преобразовывала похожие на числа строки в числа JSON, а не в строки, даже когда они в точности не соответствовали правилам записи чисел в JSON. Это не согласовывалось с поведением `hstore_to_json_loose()`, так что проверки были усилены для соблюдения синтаксиса JSON.

- Добавление функций оценки избирательности для операторов модуля `contrib/intarray` с целью улучшения планов запросов, использующих эти операторы (Юрий Журавлёв, Александр Коротков)
- Доработка функции `heap_page_items()` в модуле `contrib/pageinspect`, чтобы она выводила неструктурированные данные в каждом кортеже, а также добавление функций

`tuple_data_split()` и `heap_page_item_attrs()` для исследования отдельных полей кортежей (Николай Шаплов)

- Добавление необязательного параметра, задающего число итераций S2K, в функцию `contrib/pgcrypto` в модуле `pgp_sym_encrypt()` (Джефф Джейнс)
- Добавление возможности оценивать «схожесть слов» в `contrib/pg_trgm` (Александр Коротков, Артур Закиров)

Добавленные функции и операторы оценивают схожесть между одной строкой и наиболее похожим отдельным словом в другой строке.

- Добавление параметра конфигурации `pg_trgm.similarity_threshold`, устанавливающего порог схожести для `contrib/pg_trgm` (Артур Закиров)

Этот порог настраивался и раньше, но до этого им управляли специальные функции `set_limit()` и `show_limit()`. Теперь они считаются устаревшими.

- Усовершенствование класса операторов GIN в `contrib/pg_trgm` для ускорения запросов с применением индекса, в которых ищутся и редкие, и частые ключи (Джефф Джейнс)
- Увеличение производительности поиска по схожести в индексах GIN (модуль `contrib/pg_trgm`) (Кристоф Форнароли)
- Добавление модуля `contrib/pg_visibility`, позволяющего изучать карты видимости таблиц (Роберт Хаас)
- Добавление в `contrib/sslinfo` функции `ssl_extension_info()` для вывода информации о расширениях SSL, представленных в сертификате X509, который используется для текущего соединения (Дмитрий Воронин)

E.21.3.13.1. `postgres_fdw`

- Возможность передавать предоставляемые расширением операторы и функции на удалённый сервер, если это расширение указано в белом списке в параметрах стороннего сервера (Пол Рамси)

Пользователи могут использовать это, когда точно известно, что в удалённой базе установлена совместимая версия заданного расширения. Это позволяет более эффективно выполнять запросы с операторами, поддерживаемыми расширениями.

- Возможность выполнения сортировки на удалённом сервере (Ашутосх Бапат)
- Возможность выполнения соединений на удалённом сервере (Шигеру Ханада, Ашутосх Бапат)
- Если возможно, выполнять `UPDATE` или `DELETE` полностью на удалённом сервере (Эцуро Фудзита)

Ранее для удалённой модификации данных требовалось передавать команду `SELECT FOR UPDATE`, а затем изменять или удалять отобранные строки по одной. Хотя это по-прежнему необходимо, если эта операция требует локальных действий, теперь она может выполняться и удалённо, если все элементы запроса можно безопасно передать на удалённый сервер.

- Возможность задавать число извлекаемых строк в параметрах сервера или таблицы (Кори Хинкер)

Ранее `postgres_fdw` всегда читала результаты удалённых запросов по 100 строк; теперь это количество стало настраиваемым.

- Для всех локальных пользователей, сопоставленных с одним удалённым пользователем, должно использоваться одно соединение со сторонним сервером (Ашутосх Бапат)
- Передача требования отмены запроса на удалённый сервер (Микаэль Пакье, Эцуро Фудзита)

Ранее требование на отмену локального запроса не влекло за собой досрочную отмену удалённого запроса, уже переданного на выполнение.

Е.22. Выпуск 9.5.15

Дата выпуска: 2018-11-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.14. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.22.1. Миграция на версию 9.5.15

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.13, см. Раздел Е.27.

Е.22.2. Изменения

- Устранение сбоев, которые могли возникать в особых случаях в семействе функций `has_object_privilege()` (Том Лейн)

Эти функции должны возвращать NULL, а не выдавать ошибку при получении неверного OID. Некоторые из этих функций делали это и прежде, но не все. Кроме того, в функции `has_column_privilege()` на некоторых платформах могли иметь место и другие сбои.

- Недопущение замедления порядка $O(N^2)$ в функциях `match/split` с регулярными выражениями при обработке длинных строк (Эндрю Гирт)
- Исправление дефекта в обработке стандартных многосимвольных операторов, следующих непосредственно за комментарием или символами `+` и `-` (Эндрю Гирт)

Следствием данного упущения могли быть ошибки при разборе или неправильное определение приоритета операторов.

- Недопущение замедления порядка $O(N^3)$ при обработке лексическим анализатором длинных строк из символов `+` или `-` (Эндрю Гирт)
- Исправление некорректного выполнения подчинённых планов при сканировании внешнего запроса в обратном направлении (Эндрю Гирт)
- Исправление ошибочного поведения `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF ...` после перемещения курсора (Том Лейн)

Курсор, сканирующий несколько отношений (в частности, дерево наследования), мог работать неправильно, возвращаясь к предыдущему отношению.

- Исправление в функции `EvalPlanQual` обработки узлов `InitPlan`, которые выполняются по условию (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Вследствие ошибки реализации могли возникать сложновоспроизводимые сбои или выдаваться неправильные результаты при одновременных запросах на изменение, содержащих изолированные вложенные `SELECT` в конструкции `CASE`.

- Исправление проверок классов символов для корректной поддержки в Windows символов Unicode выше U+FFFF (Том Лейн, Кэндзи Уно)

Эта ошибка проявлялась в операциях полнотекстового поиска, а также в работе модулей `contrib/ltree` и `contrib/pg_trgm`.

- Смена владельца последовательности, принадлежащей сторонней таблице, при выполнении `ALTER OWNER` для этой таблицы (Питер Эйзенраут)

Операция смены владельца должна распространяться и на такие последовательности, но раньше сторонние таблицы она не затрагивала.

- Обеспечение обработки сервером уже полученных прерываний `NOTIFY` и `SIGTERM` до начала ожидания данных от клиента (Джефф Джейнс, Том Лейн)

- Устранение ошибки, приводившей к выделению лишней памяти для строки результатов `array_out()` (Кэйити Хиробэ)
- Ликвидация утечки памяти при сканировании индекса SP-GiST (Том Лейн)
Сколько-нибудь значительное проявление этой утечки наблюдалось, только когда для ограничения-исключения, использующего SP-GiST, в индекс поступало много записей.
- Заккрытие файла сопоставлений в `ApplyLogicalMappingFile()` после завершения его использования (Томаш Вондра)
Ранее дескриптор файла терялся, что могло в итоге приводить к сбоям при логическом декодировании.
- Устранение ошибки логического декодирования в случаях, когда сопоставленная таблица каталога постоянно перезаписывается, например, в результате действия `VACUUM FULL` (Андрес Фройнд)
- Предотвращение запуска сервера со значением `wal_level`, недостаточно большим для поддержки существующего слота репликации (Андрес Фройнд)
- Предотвращение сбоя в случаях, когда служебная команда создаёт бесконечную рекурсию (Том Лейн)
- Устранение в процессе инициализации горячего резерва проблемы дублирующихся XID, которые образуются при выполнении двухфазных транзакций на ведущем сервере (Микаэль Пакье, Константин Книжник)
- Исправление поведения событийных триггеров при обработке вложенных команд `ALTER TABLE` (Микаэль Пакье, Альваро Эррера)
- Передача параллельным исполнителям времени начала оператора и транзакции от родительского процесса (Константин Книжник)
Тем самым исправлено поведение таких функций, как `transaction_timestamp()`, выполняющихся в параллельном исполнителе.
- Исправление логики переработки файла WAL для правильного выполнения этой операции на ведомых серверах (Микаэль Пакье)
В зависимости от значения параметра `archive_mode` ведомый сервер мог не удалить некоторые файлы WAL, подлежащие удалению.
- Исправление обработки времени фиксации транзакций в процессе восстановления (Масахико Савада, Микаэль Пакье)
Если отслеживание времени фиксации не было включено постоянно, в процессе восстановления мог произойти сбой при попытке получить время фиксации транзакции, для которой оно не было записано.
- Использование случайной затравки для `random()` в `initdb`, а также в сервере, запускаемом в режиме начальной загрузки и в монопольном режиме (Ной Миш)
Практическая польза этого изменения состоит прежде всего в разрешении проблемы, когда программа `initdb` не могла использовать общую память POSIX, считая её недоступной, из-за конфликтов имён, вызванных использованием одинаковой затравки.
- Возможность прерывания операции выделения памяти в DSM (Крис Трэверс)
- Исправление поведения при динамическом включении параметра `full_page_writes` (Кётаро Хоригути)
- Предупреждение возможного переполнения буфера при воспроизведении операции распаковки страницы GIN из WAL (Александр Коротков, Шивасубраманьян Рамасубраманьян)
- Выполнение операции `fsync`, ранее упущенной, для каталога слотов репликации (Константин Книжник, Микаэль Пакье)

- Устранение неожиданных тайм-аутов при использовании `wal_sender_timeout` на медленном сервере (Ной Миш)
- Исправление вычисления подходящей точки согласованности WAL в процессах горячего резерва (Александр Кукушкин, Микаэль Пакье)

Выбор правильной точки позволяет предотвратить некорректное поведение сразу после того, как ведомый сервер достигает согласованного состояния базы при воспроизведении WAL.

- Корректная остановка фоновых рабочих процессов при получении главным процессом запроса на быстрое отключение до завершения запуска базы (Александр Кукушкин)
- Отказ от вызова обработчиков `atexit` при обработке `SIGQUIT` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение сопоставлений пользователей для сторонних серверов из состава расширений (Том Лейн)

При выполнении `CREATE USER MAPPING` в скрипте расширения для создаваемого сопоставления добавлялась зависимость, чего не должно быть. Сопоставления пользователей, как и роли, не могут быть членами расширений.

- Исправление поведения `syslogger` в случае ошибок при попытке открыть файлы CSV (Том Лейн)
- Исправление кода `psql`, а также примеров в документации, чтобы функция `PQconsumeInput()` вызывалась перед `PQnotifies()` (Том Лейн)

Тем самым решена проблема, когда `psql` не выдавал полученное сообщение `NOTIFY` до следующей команды.

- Устранение возможной несогласованности при сортировке различных имён объектов в `pg_dump` (Джейкоб Чемпион)
- Исправление `pg_restore`, чтобы при выдаче команд `DISABLE/ENABLE TRIGGER` имя таблицы дополнялось схемой (Том Лейн)

Это предотвращает сбои, возможные при новой политике выполнения восстановления с ограниченным путём поиска.

- В `pg_upgrade` исправлена обработка событийных триггеров в расширениях (Харибабу Комми)

Ранее `pg_upgrade` не сохранял связь событийных триггеров с расширениями.

- Исправление проверки состояния кластера в `pg_upgrade`, чтобы она корректно выполнялась на ведомом сервере (Брюс Момджян)
- Ограничение числа размерностей в значениях `cube` во всех функциях `contrib/cube` (Андрей Бородин)

Ранее в некоторых функциях, связанных с кубами, можно было создать такие значения, которые затем не принимала функция `cube_in()`, что вызывало ошибки при восстановлении выгруженных данных.

- Исправление функции `unaccent()` в расширении `contrib/unaccent`, чтобы она использовала словарь текстового поиска `unaccent`, находящийся в той же схеме, где и сама функция (Том Лейн)

Ранее она пыталась найти словарь по пути поиска, но могла не обнаружить его, если путь поиска был ограничен.

- Устранение проблем при сборке в macOS 10.14 (Mojave) (Том Лейн)

Усовершенствование скрипта `configure`, чтобы в `CPPFLAGS` добавлялся ключ `-isysroot`; без этого PL/Perl и PL/Tcl нельзя сконфигурировать или собрать в macOS 10.14. Значение `sysroot`

можно переопределить во время конфигурирования или сборки, установив переменную `PG_SYSROOT` в аргументах `configure` или `make`.

Теперь рекомендуется, чтобы для связанных с Perl расширений во флагах компилятора указывалось `$(perl_includespec)`, а не `-I$(perl_archlibexp)/CORE`. Второй вариант по-прежнему будет работать на большинстве платформ, но не в последних macOS.

Также теперь не требуется указывать ручную ключ `--with-tclconfig`, чтобы собрать PL/Tcl в последних версиях macOS.

- Исправление скриптов сборки с MSVC и регрессионного тестирования для работы с последними версиями Perl (Эндрю Дунстан)

Это изменение вызвано тем, что Perl теперь по умолчанию не включает текущий каталог в свой путь поиска.

- Реализована возможность запускать регрессионные тесты в Windows с учётной записью администратора (Эндрю Дунстан)

Чтобы это было безопасно, `pg_regress` теперь лишает себя расширенных прав при запуске.

- Поддержка сборки в Windows с Visual Studio 2015 и Visual Studio 2017 (Микаэль Пакье, Харибабу Комми)
- Снятие запрета на возврат из функций сравнения `btree` значений `INT_MIN` (Том Лейн)

До настоящего времени мы не позволяли типозависимым функциям сравнения возвращать `INT_MIN`, благодаря чему вызывающий код мог сменить порядок сортировки, просто изменив знак результата сравнения. Однако это могло вызывать проблемы с функциями сравнения, возвращающими непосредственно результат `memcmp()`, `strcmp()` и подобных функций, так как POSIX не накладывает на него никаких ограничений. Как минимум некоторые последние версии `memcmp()` могут возвращать `INT_MIN`, что приводило к нарушению порядка сортировки. В связи с этим мы убрали это ограничение. Там же, где требуется поменять порядок сортировки на противоположный, теперь нужно использовать макрос `INVERT_COMPARE_RESULT()`.

- Устранение риска рекурсии при обработке сообщений об аннулировании общего кеша (Том Лейн)

Эта ошибка могла привести, например, к сбою при обращении к системному каталогу или индексу, который был только что обработан командой `VACUUM FULL`.

В результате этого изменения функция `LockAcquire` теперь может возвращать новый код результата, что теоретически может вызвать проблемы при использовании этой функции, хотя для этого схема её использования должна быть весьма необычной. Также был изменён API функции `LockAcquireExtended`.

- Сохранение и восстановление глобальных переменных SPI в `SPI_connect()` и `SPI_finish()` (Чепмен Флэк, Том Лейн)

Это предотвращает накладные расходы, возможные при вызове из одной функции, использующей SPI, другой такой функции.

- Добавление определения `ALLOCSET_DEFAULT_SIZES` и связанных с ним макросов в ветви старых версий (Том Лейн)

Эти макросы появились в версии 9.6, но поступали запросы добавить их и в старые версии, чтобы ими можно было пользоваться в расширениях, обходясь без лишних условий.

- Предотвращение использования потенциально невыравненных буферов страниц (Том Лейн)

Добавлены новые типы-объединения `PGAlignedBlock` и `PGAlignedXLogBlock`, которые должны использоваться вместо простых массивов `char`, чтобы компилятор гарантированно выровнял адрес начала буфера. В результате устраняется риск аварийного сбоя на платформах, чув-

ствительных к выравниванию, и может увеличиться быстродействие даже на тех платформах, где выравнивание не требуется.

- Приведение в `src/port/snprintf.c` значения результата `snprintf()` в соответствие со стандартом C99 (Том Лейн)

На платформах, где этот код используется (в основном в Windows), его несовременное поведение (не соответствующие C99) могло препятствовать выявлению переполнения буфера, если вызывающий код рассчитывал на семантику C99.

- Требование обязательного использования `-msse2` при сборке компилятором `clang` для i386 (Андрес Фройнд)

Тем самым решается проблема отсутствия проверок переполнения при операциях с плавающей точкой.

- Исправление в `configure` проверки, определяющей, результат какого типа возвращает `strerror_r()` (Том Лейн)

Предыдущая реализация давала неправильный ответ при сборке с использованием компилятора `icc` в Linux (возможно, и в других случаях), в результате чего `libpq` не выдавала полезные сообщения при возникновении системных ошибок.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018g`, включающее изменений правил перехода на летнее время в России (Волгограде), Чили, Марокко и на Фиджи, а также корректировку исторических данных для Китая, Гавайев, Японии, Макао и Северной Кореи.

Е.23. Выпуск 9.5.14

Дата выпуска: 2018-08-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.13. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.23.1. Миграция на версию 9.5.14

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.13, см. Раздел Е.27.

Е.23.2. Изменения

- Осуществление полного сброса состояния `libpq` между попытками соединения (Том Лейн)

Непривилегированный пользователь `dblink` или `postgres_fdw` мог обойти проверки, предназначенные для предотвращения использования учётных данных на стороне сервера, например, файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю ОС, от имени которого работает сервер. В частности, уязвимость затрагивает серверы, принимающие локальные подключения с методом `peer`. Возможны были и другие атаки, например, SQL-инъекции в сеансе `postgres_fdw`. Для атаки на `postgres_fdw` через эту уязвимость пользователь должен был иметь возможность создавать объект стороннего сервера с нужными параметрами подключения, но атаку на `dblink` мог произвести любой пользователь, имеющий к нему доступ. Вообще любой пользователь, имеющий возможность менять параметры подключения для приложения на базе `libpq`, мог производить непредусмотренные действия, но другие эффективные сценарии эксплуатации этого сложно придумать. Мы благодарим Андрея Красичкова за сообщение о данном дефекте. (CVE-2018-10915)

- Исправление поведения `INSERT ... ON CONFLICT UPDATE` с более сложным представлением, чем просто `SELECT * FROM ...` (Дин Рашид, Амит Ланготе)

Ошибочное развёртывание изменяемого представления могло приводить к сбоям или ошибкам «`attribute ... has the wrong type`» (атрибут ... имеет неверный тип), если список `SELECT`

представления не соответствовал в точности списку столбцов нижележащей таблицы. Более того, разлив атаку через эту уязвимость, злоумышленник мог изменять столбцы, не имея для них права UPDATE, но имея права INSERT и UPDATE для некоторых других столбцов в таблице. Любой пользователь также мог эксплуатировать её для раскрытия содержимого памяти сервера. (CVE-2018-10925)

- Обеспечение своевременного изменения полей `relfrozenxid` и `relminmxid` в «зафиксированных» системных каталогах (Андрес Фройнд)

Из-за чрезмерно оптимистичного кеширования эти изменения могли оказаться невидимыми для других сеансов, что приводило к случайным ошибкам и/или разрушению данных. Для общих каталогов, таких как `pg_authid`, проблема была ещё острее, так как устаревшие кешированные данные могли попадать в новые сеансы и оставаться в существующих.

- Исправление поведения в ситуации, когда недавно повышенный сервер аварийно завершается до окончания обработки первой контрольной точки после восстановления (Микаэль Пакье, Кётаро Хоригути, Паван Деоласи, Альваро Эррера)

В такой ситуации сервер не считал, что при последующем воспроизведении WAL было достигнуто согласованное состояние базы данных, и это препятствовало его перезапуску.

- Исключение выдачи фантомной записи WAL при переработке полностью нулевой страницы индекса `btree` (Амит Капила)

Эта ошибка проявлялась в сбоях проверочных утверждений и могла приводить к неоправданным отменам запросов на серверах горячего резерва.

- При воспроизведении WAL добавлена защита от некорректной длины записи, превышающей 1 ГБ (Микаэль Пакье)

Подобные данные должны считаться некорректными. Ранее код пытался выделить такой объём и получал критическую ошибку, что делало восстановление невозможным.

- При завершении восстановления запись в файл истории линии времени должна откладываться, насколько это возможно (Хейкки Линнакангас)

Это позволяет избежать ситуаций с несогласованностью состояния линии времени на диске, возникавших при сбое в процессе очистки после восстановления (например, при проблеме с файлом двухфазного состояния).

- Увеличение скорости воспроизведения WAL для транзакций, удаляющих множество отношений (Фудзии Масао)

В результате этого изменения уменьшается число сканирований общих буферов, поэтому эффект от данного изменения тем больше, чем больше значение `shared_buffers`.

- Увеличение скорости освобождения блокировки при воспроизведении WAL ведомым сервером (Томас Мунро)
- Обеспечение согласованной передачи состояния логической трансляции передатчиками WAL (Саймон Риггс, Савада Масахико)

Ранее код не мог правильно определить, удалось ли нагнать вышестоящий сервер.

- Устранение дефектов в процедуре обработки снимков при логическом декодировании, приводивших к ошибкам декодирования в редких случаях (Арсений Шер, Альваро Эррера)
- Обеспечение корректного сброса кешированного списка индексов таблицы после сбоя при создании индекса (Питер Геохеган)

Ранее в этом списке могли оставаться OID нерабочих индексов, что могло приводить к проблемам в том же сеансе.

- Исправление некорректной обработки пустых несжатых страниц списка идентификаторов в индексах GIN (Шивасубраманьян Рамасубраманьян, Александр Коротков)

Это могло привести к сбою проверочного утверждения после выполнения `pg_upgrade` для индексов GIN версии до 9.4 (в 9.4 и последующих версиях такие страницы не создаются).

- Обеспечение реакции на сигналы в процессе `VACUUM` в цикле удаления страниц B-дерева (Андрес Фройнд)

С испорченными индексами `btree` цикл мог оказаться бесконечным, и прервать его можно было только аварийно отключив сервер.

- Исправление некорректной оптимизации классов эквивалентности со столбцами составного типа (Том Лейн)

Вследствие данной ошибки сервер не понимал, что индекс по составному столбцу может обеспечить порядок сортировки, необходимый для соединения слиянием с данным столбцом.

- Исправление синтаксиса конструкции SQL-стандарта `FETCH FIRST`, чтобы она принимала `($n)`, как того требует стандарт (Эндрю Гирт)
- Корректное добавление схемы к именам ряда объектов в выводе `getObjectDescription` (Кёта-ро Хоригути, Том Лейн)

Имена правил сортировки, преобразований и объектов текстового поиска не дополнялись схемой, тогда как должны были.

- Расширение счётчика строк в команде `COPY FROM` с 32 до 64 бит (Дэвид Роули)

Тем самым были решены две проблемы с входными данными, содержащими более 4G строк: `COPY FROM WITH HEADER` терял одну строку на каждые 4G строк (не только первую), а в сообщениях об ошибках выводилось неверное количество строк.

- Добавление в библиотеку `ecpg pgtypes` функции освобождения строк для исключения проблем с управлением памятью в разных модулях (Такаюки Цунакава)

В Windows могут происходить сбои, если вызов `free` для некоторого блока памяти производится не из той DLL, которая выделила память (с помощью `malloc`). Библиотека `pgtypes` иногда возвращает строки, которые должен освободить вызывающий код, и сделать это корректно оказывается невозможно. Добавленная функция `PGTYPESchar_free()` является просто обёрткой `free`, позволяющей приложениям произвести освобождение по правилам.

- Исправление поддержки в `ecpg` переменных `long long` в Windows, а также на других платформах, где `strtoll/strtoull` объявлены нестандартно или не объявлены вовсе (Хыонг Дангминь, Том Лейн)
- Исправление ошибки с определением типа SQL-оператора в PL/pgSQL, когда изменение правила приводило к изменению семантики оператора в рамках сеанса (Том Лейн)

Эта ошибка приводила к сбоям проверочных утверждений или, в редких случаях, к тому, что указание `INTO STRICT` не работало должным образом.

- Исправление запроса пароля в клиентских программах, чтобы отображение корректно отключалось в Windows, когда `stdin` — не терминал (Мэтью Стикни)
- Продолжение исправления некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Том Лейн)

Предыдущее исправление для заключения в кавычки значения `search_path` и других переменных со списками в выводе `pg_dump`, как оказалось, привело к ошибкам со списками с пустыми элементами и риску потери части длинных файловых путей.

- В `pg_dump` устранено упущение, когда свойства `REPLICA IDENTITY` для индексов ограничений не выгружались (Том Лейн)

Уникальные индексы, созданные вручную, помечались корректно, а индексы, созданные ограничениями `UNIQUE` или `PRIMARY KEY` — нет.

- В `pg_upgrade` теперь правильно проверяется, что старый сервер был выключен штатно (Брюс Момджян)

Ранее проверка могла сработать некорректно при выключении сервера в незамедлительном режиме.

- Исправление в `contrib/hstore_plperl` просмотра скалярных ссылок Perl и предотвращение сбоя в случае, если не удаётся найти хеш-ссылку там, где она ожидается (Том Лейн)
- Устранение сбоя в функции модуля `contrib/ltree` при получении на вход пустого массива (Пьер Дюкроке)
- Исправление обработки ошибок в ряде мест, где мог выдаваться некорректный код ошибки (Микаэль Пакье, Том Лейн, Магнус Хагандер)
- Переоформление скриптов `Makefile` для обеспечения компоновки программ с собранными в том же дереве библиотеками (например, `libpq.so`), а не с теми, что могут уже находиться в системных каталогах библиотек (Том Лейн)

Это позволяет избежать проблем при сборке на платформах, где представлены старые версии библиотек PostgreSQL.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018e`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Северной Корее, а также корректировку исторических данных для Чехословакии.

В это обновление вошло переопределение «летнего времени», которое действует в Ирландии, а также действовало в прошлом в Намибии и в Чехословакии. В этих юрисдикциях стандартное время действует летом, а время для экономии света — зимой, поэтому при переходе на это время сдвиг производится на час назад, а не на час вперёд. Это не влияет ни на фактическое смещение от UTC, ни на используемое сокращение часового пояса; эта особенность проявляется лишь в том, что в таких случаях столбец `is_dst` в представлении `pg_timezone_names` будет содержать `true` для зимнего периода, и `false` для летнего.

Е.24. Выпуск 9.5.13

Дата выпуска: 2018-05-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.12. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.24.1. Миграция на версию 9.5.13

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вас касаются ошибки с пометкой функций, описанные в первой записи в списке изменений, потребуются дополнительные действия для исправления каталогов баз данных.

Если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.12, см. также Раздел Е.25.

Е.24.2. Изменения

- Исправление некорректных пометок изменчивости для нескольких встроенных функций (Томас Мунро, Том Лейн)

Функции `query_to_xml`, `cursor_to_xml`, `cursor_to_xmlschema`, `query_to_xmlschema` и `query_to_xml_and_xmlschema` должны были считаться изменчивыми, так как они выполняют пользовательские запросы, в которых могут быть изменчивые операции. Однако они не были помечены должным образом, что было чревато неправильной оптимизацией запросов. Это было исправлено для новых инсталляций в результате корректировки исходных данных каталога, но в существующих инсталляциях ошибочные пометки сохранятся. При практическом

использовании этих функций риск кажется небольшим, но в случае необходимости их можно исправить, вручную изменив записи этих функций в `pg_proc`. Например: `ALTER FUNCTION pg_catalog.query_to_xml(text, boolean, boolean, text) VOLATILE`. (Заметьте, что это нужно будет проделать в каждой базе данных инсталляции.) Также вы можете обновить базу до версии с корректными исходными данными, воспользовавшись `pg_upgrade`.

- Предотвращение повторного использования для TOAST идентификаторов OID, соответствующих уже неактуальным, но ещё не очищенным записям TOAST (Паван Деоласи)

После заикливания счётчика OID имеется возможность использования для значения TOAST идентификатора OID, соответствующего ранее удалённой записи в той же таблице TOAST. Если запись не была очищена к тому времени, это приводило к ошибкам «unexpected chunk number 0 (expected 1) for toast value `nnnnn`» (неожиданный номер порции 0 (ожидался 1) для значения TOAST `nnnnn`), которые сохранялись до удаления неактуальной записи командой `VACUUM`. В качестве решения выбор таких OID при создании новых записей TOAST теперь исключается.

- Изменение алгоритма ANALYZE в части модификации `pg_class.reltuples` (Дэвид Гулд)

Ранее плотность кортежей могла обновляться только для страниц, прошедших обработку ANALYZE, для остальных плотность считалась прежней. В большой таблице, где ANALYZE выбирает лишь небольшой процент страниц, это означает, что возможно лишь незначительное изменение общей оценки плотности кортежей, и поэтому `reltuples` будет меняться практически пропорционально изменениям физического размера таблицы (`relpages`) вне зависимости от того, что фактически происходит в таблице. В результате может наблюдаться настолько большое увеличение `reltuples` по сравнению с реальностью, что автоматическая очистка практически отключается. Для исправления этой ошибки принимается, что выборка ANALYZE является статистически несмещённой (какой она и должна быть), и наблюдаемая в ней плотность просто экстраполируется на всю таблицу.

- Предупреждение взаимоблокировок в параллельных командах `CREATE INDEX CONCURRENTLY`, выполняемых на уровнях изоляции `SERIALIZABLE` и `REPEATABLE READ` (Том Лейн)
- Устранение возможности замедленного выполнения `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY` (Томас Мунро)
- Устранение ошибки в `UPDATE/DELETE ... WHERE CURRENT OF` в случае, когда задействованный курсор использует план сканирования только индекса (Юго Нагата, Том Лейн)
- Исправление некорректного планирования, когда предложения соединения передавались в параметризованные пути (Эндрю Гирт, Том Лейн)

Эта ошибка могла привести к неправильной классификации условия как «фильтра соединения» для внешнего соединения, тогда как оно должно быть простым «фильтром», и в итоге мог получиться некорректный результат соединения.

- Устранение возможности некорректного построения плана сканирования только индекса в случаях, когда один столбец таблицы фигурирует в нескольких индексах, но не во всех этих индексах используются классы операторов, которые могут выдать значение столбца (Кётаро Хориуги)
- Исправление некорректной оптимизации ограничений `CHECK` с гарантированными NULL-подвыражениями в условиях верхнего уровня `AND/OR` (Том Лейн, Дин Рашид)

В результате, например, ограничение-исключение могло исключить из запроса дочернюю таблицу, которая не должна быть исключена.

- Устранение сбоя исполнителя в результате двойного освобождения памяти с некоторыми вариантами использования `GROUPING SETS` (Питер Геохеган)
- Предотвращение сбоя в случае, когда триггер события перезаписи таблицы добавляется одновременно с выполнением команды, которая может вызвать такой триггер (Альваро Эррера, Эндрю Гирт, Том Лейн)

- Предотвращение ошибки при прерывании запроса или прекращении сеанса в момент фиксации подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Ликвидация утечки памяти на время выполнения запроса в последовательно выполняемых соединениях по хешу (Том Лейн)
- Исправление излишне строгой проверки в `heap_prepare_freeze_tuple` (Альваро Эррера)

Это могло приводить к необоснованной ошибке «cannot freeze committed xmax» (не удаётся заморозить зафиксированный xmax) в базах данных, обновлённых с помощью `pg_upgrade` с версии 9.2 или старше.

- Устранение потери указателя в случаях, когда написанный на C триггер, выполняемый до изменения строки, возвращает старый кортеж («old») (Рушаб Латиа)
- Понижение уровня блокировки при планировании работы автоочистки (Джефф Джейнс)

Предыдущее поведение создавало значительные препятствия для параллельного выполнения рабочих процессов в базах, содержащих множество таблиц.

- Обеспечение копирования имени клиентского компьютера при копировании данных `pg_stat_activity` в локальную память (Эдмунд Хорнер)

Ранее предположительно локальный экземпляр содержал указатель на разделяемую память, вследствие чего содержимое поля с именем клиентского компьютера могло неожиданно измениться при отключении какого-либо сеанса.

- Исправление некорректной обработки нескольких составных аффиксов в словарях `ispell` (Артур Закиров)
- Исправление поиска (то есть сканирования индекса с операторами неравенства), зависящего от правила сортировки, в индексах SP-GiST, построенных по текстовым столбцам (Том Лейн)

Такой поиск мог возвращать неправильный набор строк для большинства правил сортировки, отличных от C.

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при изначальном построении индекса SP-GiST (Томаш Вондра)

Ранее количество кортежей в индексе считалось равным количеству кортежей в нижележащей таблице, что неверно в случае частичного индекса.

- Корректировка вычисления количества кортежей в индексе при очистке индекса GiST (Андрей Бородин)

Ранее оно считалось равным примерному количеству кортежей в куче, что провоцировало неточность и определённо было ошибочным в случае частичного индекса.

- Исправление поведения в особом случае, когда ведомый реплицирующий сервер «застревал» на записи продолжения WAL (Кётаро Хоригути)
- При логическом декодировании приняты меры во избежание двойной обработки данных WAL при перезапуске передатчика WAL (Крейг Рингер)
- Поддержка использования `scalarltset` и `scalargtsel` с расширенными типами данных (Томаш Вондра)
- Уменьшение потребления памяти `libpq` в случаях, когда сервер выдаёт ошибку после получения большого объёма результата запроса (Том Лейн)

Полученный ранее результат должен быть отброшен до, а не после обработки ошибки. На некоторых платформах, в частности в Linux это может влиять на то, сколько памяти будет занимать приложение.

- Устранение сбоев в `esrg`, вызванных двойным освобождением памяти (Патрик Крекер, Дживан Ладхе)

- Исправление обработки переменных `long long int` в `espg`, собранном с использованием MSVC (Михаэль Мескес, Эндрю Гирт)
- Доработка некорректного заключения в кавычки значений для переменных GUC со списками при формировании дампа (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Переменные `local_preload_libraries`, `session_preload_libraries`, `shared_preload_libraries` и `temp_tablespaces` не заключались в кавычки корректно в выводе `pg_dump`. Это могло приводить к проблемам, если эти переменным присваивались значения в конструкциях `CREATE FUNCTION ... SET` или `ALTER DATABASE/ROLE ... SET`.

- Предотвращение отказа `pg_recvlogical` при подключении к серверам PostgreSQL до 10 версии (Микаэль Пакье)

В результате предыдущего исправления программа `pg_recvlogical`, не проверяя версию сервера, выдавала команду, которая должна предназначаться только серверам версии 10 и новее.

- Исправление поведения `pg_rewind`, чтобы на целевом сервере удалялись файлы, которые могли быть удалены в процессе выполнения на исходном сервере (Такаюки Цунакава)

В противном случае на целевом сервере могла нарушаться согласованность данных, особенно если это был файл сегмента WAL.

- Исправление в `pg_rewind` обработки таблиц в дополнительных табличных пространствах (Такаюки Цунакава)
- Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

Исправление обработки целочисленного переполнения в циклах `FOR` на языке PL/pgSQL (Том Лейн)

- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзен-траут)
- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.7 (Питер Эйзен-траут)
- Поддержка сборки с Microsoft Visual Studio 2015 (Микаэль Пакье)

Различные исправления, необходимые для совместимости с VS2015, были перенесены в ветвь 9.5 ранее, но это исправление было пропущено.

- Переименование функций `b64_encode` и `b64_decode` во избежание конфликта со встроенными функциями Solaris 11.4 (Райнер Орт)
- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией 2018e (Том Лейн)

В этой версии усовершенствован компилятор данных часовых поясов `zic` для работы с отрицательными смещениями при переходе на летнее время. Хотя проект PostgreSQL в настоящее время не предоставляет такие данные часовых поясов, `zic` может применяться с данными, полученными непосредственно от IANA, поэтому кажется разумным обновить `zic` сейчас.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018d`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Палестине и Антарктиде (станция Кейси), плюс корректировку исторических данных для Португалии и её колоний, а также Уругвая и островов Эндербери, Ямайка, Теркс и Кайкос.

Е.25. Выпуск 9.5.12

Дата выпуска: 2018-03-01

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.11. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.25.1. Миграция на версию 9.5.12

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей СУБД не все пользователи взаимно доверяют друг другу либо если вы поддерживаете приложение или расширение, предназначенное для использования в произвольных ситуациях, настоятельно рекомендуется прочитать об изменениях в первой записи ниже и предпринять соответствующие действия для защиты вашей инсталляции или кода.

Также изменения, описанные во втором пункте списка ниже, могут приводить к сбоям функций, используемых в индексных выражениях или материализованных представлениях, во время автоматического анализа или при восстановлении выгруженных данных. Поэтому после обновления проверьте журнал сервера на предмет подобных проблем и исправьте затронутые функции.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.10, см. Раздел Е.27.

Е.25.2. Изменения

- Добавление в документацию информации о настройке серверов и приложений для защиты от атак с внедрением троянского кода через путь поиска (Ной Миш)

Когда используется значение `search_path`, включающее схемы, доступные для записи злонамеренному пользователю, он может перехватывать управление над выполнением запросов и затем запускать произвольный SQL-код с правами атакуемого пользователя. Хотя есть возможность составлять запросы, защищённые от подобного перехвата, это требует кропотливой работы, и при этом очень легко что-то упустить. Поэтому мы рекомендуем использовать конфигурации, в которых пути поиска не могут включать недоверенные схемы. Соответствующая информация добавлена в Подраздел 5.8.6 (для пользователей и администраторов баз данных), Раздел 34.1 (для разработчиков приложений), Подраздел 38.16.1 (для разработчиков расширений) и CREATE FUNCTION (для разработчиков функций с характеристикой SECURITY DEFINER). (CVE-2018-1058)

- Предотвращение использования небезопасных значений `search_path` в `pg_dump` и других клиентских программах (Ной Миш, Том Лейн)

`pg_dump`, `pg_upgrade`, `vacuumdb` и другие приложения, предоставляемые PostgreSQL, были уязвимы для перехвата выполнения, описанного в предыдущем пункте; так как эти приложения обычно запускаются суперпользователями, они представляли собой привлекательные средства для атаки. Чтобы защитить их вне зависимости от того, защищена ли вся инсталляция в целом, они были изменены так, чтобы для них параметр `search_path` содержал только `pg_catalog`. Теперь это так же касается и рабочих процессов автоочистки.

В случаях, когда этими программами неявно вызываются определённые пользователем функции — например, это могут быть пользовательские функции в выражениях индексов — более строгое значение `search_path` может приводить к ошибкам, которые потребуются исправить так, чтобы эти функции никак не зависели от пути поиска, с которым они выполняются. Это всегда рекомендовалось делать, но сейчас это необходимо для корректного поведения. (CVE-2018-1058)

- Исправление некорректного поведения перепроверок одновременных изменений со ссылками CTE, фигурирующими во внутренних планах (Том Лейн)

Если ссылка на CTE (содержимое предложения WITH) использовалась в InitPlan или SubPlan, и запросу требовалось провести перепроверку из-за попытки изменения или блокировки одновременно изменяемой строки, могли быть получены неверные результаты.

- Устранение сбоев планировщика при перекрывающихся предложениях соединения слиянием во внешнем соединении (Том Лейн)

Эти дефекты приводили в особых случаях к ошибкам планировщика «left and right pathkeys do not match in mergejoin» (нарушено соответствие левых и правых ключей пути в соединении

слиянием) или «outer pathkeys do not match mergeclauses» (внешние ключи пути не соответствуют предложениям слияния).

- Исправление ошибки в `pg_upgrade`, когда не удавалось сохранить `relfrozenxid` для материализованных представлений (Том Лейн, Андрес Фройнд)

Данное упущение могло приводить к разрушению данных в материализованных представлениях после обновления. Это могло проявляться в ошибках «could not access status of transaction» (не удалось получить состояние транзакции) или «found xmin from before relfrozenxid» (найден xmin перед relfrozenxid). Эта проблема была более вероятна в редко обновляемых материализованных представлениях или в представлениях, обновляемых только командой `REFRESH MATERIALIZED VIEW CONCURRENTLY`.

Если такое разрушение имело место, его можно исправить, обновив материализованное представление (без указания `CONCURRENTLY`).

- Исправление некорректной обработки имён функций PL/Python в стеках ошибки `CONTEXT` (Том Лейн)

Ошибка, произошедшая во вложенном вызове функции PL/Python (то есть функции, вызванной через SPI-запрос из другой функции PL/Python), могла привести к тому, что в трассировке стека вместо ожидаемого результата имя внутренней функции фигурировало дважды. Также ошибка во вложенном блоке PL/Python `DO` могла привести к обращению по нулевому указателю на некоторых платформах.

- Максимальное значение `log_min_duration` для `contrib/auto_explain` доведено до `INT_MAX`, что составляет около 24 суток вместо 35 минут (Том Лейн)

E.26. Выпуск 9.5.11

Дата выпуска: 2018-02-08

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.10. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу E.37.

E.26.1. Миграция на версию 9.5.11

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.10, см. Раздел E.27.

E.26.2. Изменения

- Временные файлы, создаваемые программой `pg_upgrade`, должны быть недоступны для чтения всеми пользователями (Том Лейн, Ной Миш)

Программа `pg_upgrade` обычно ограничивает доступ к своим временным файлам, чтобы их мог читать и записывать только запускающий её пользователь. Но временные файлы, содержащие вывод `pg_dumpall -g` могли быть доступны для чтения группе или всем пользователям, а возможно и для записи, если это допускало значение `umask` этого пользователя. При типичном использовании в многопользовательских системах `umask` и/или разрешения в рабочем каталоге достаточно жёсткие и эта проблема неактуальна; но `pg_upgrade` может использоваться и в сценариях, где это упущение могло привести, например, к утечке паролей баз данных. (CVE-2018-1053)

- Исправление очистки кортежей, которые были изменены при установленной блокировке разделяемого ключа (Андрес Фройнд, Альваро Эррера)

В некоторых случаях операция `VACUUM` не удаляла такие кортежи, даже когда они теряли актуальность, что приводило к различным сценариям повреждения данных.

- Исправление неправильной блокировки буфера при некоторых чтениях LSN (Якоб Чемпион, Асим Правин, Ашвин Агравал)

Эти ошибки могли приводит к некорректному поведению при многопоточной нагрузке. Потенциальные последствия не были характеризованы полностью.

- Исправление некорректных результатов запросов в случаях, когда происходило упрощение подзапросов, результаты которых использовались в `GROUPING SETS` (Хейкки Линнакангас)
- Исключение неоправданной ошибки в запросе с деревом наследования, который выполнялся одновременно с тем, как некоторая дочерняя таблица удалялась из этого дерева командой `ALTER TABLE NO INHERIT` (Том Лейн)
- Устранение разнообразных ошибок взаимоблокировки при выполнении в нескольких сеансах команды `CREATE INDEX CONCURRENTLY` (Джефф Джейнс)
- Устранение ошибок в ситуациях, когда дерево наследования содержит дочерние сторонние таблицы (Эцуро Фудзита)

Комбинация обычных и сторонних таблиц в дереве наследования провоцировала построение некорректных планов в запросах `UPDATE` и `DELETE`. Это приводило к видимым ошибкам в некоторых случаях, особенно когда в дочерней сторонней таблице присутствовали триггеры уровня строк.

- Исправление дефекта со связанным подзапросом `SELECT` внутри `VALUES` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Устранение ошибки планировщика «could not devise a query plan for the given query» (не удалось выработать план для данного запроса) в некоторых случаях, включая вложенные `UNION ALL` в подзапросе `LATERAL` (Том Лейн)
- Исправление логического декодирования, чтобы файлы на диске корректно очищались от данных сбойных транзакций (Атсуши Торикоши)

Процедура логического декодирования может выносить записи WAL на диск, если транзакции генерируют много записей WAL. Обычно эти файлы очищаются после фиксирования транзакции или поступления записи о её прерывании; но в отсутствие таких записей код очистки работал неправильно.

- Исправление тайм-аута в процессе `walsender` и реакции на прерывания при обработке большой транзакции (Петр Желинек)
- Добавление в `has_sequence_privilege()` поддержки проверок `WITH GRANT OPTION`, как это сделано в других функциях проверки прав (Джо Конвей)
- В базах данных с кодировкой UTF8 любые XML-объявления, выбирающие другую кодировку, должны игнорироваться (Павел Стехуле, Ной Миш)

Мы всегда храним документы XML в кодировке базы данных, так что позволяя `libxml` обрабатывать объявления с другой кодировкой, мы получим ошибочные результаты. Если кодировка базы — не UTF8, мы в любом случае не обещали поддерживать XML-данные с не ASCII-кодировкой, так что предыдущее поведение сохранено для совместимости ошибок. Это изменение затрагивает только `xpath()` и связанные функции; другой код и ранее работал так.

- Обеспечение прямой совместимости с будущими изменениями младших версий протокола (Роберт Хаас, Бадрул Чоудхури)

Ранее серверы PostgreSQL просто отклоняли запросы на использование версий протокола новее 3.0, так что никакого функционального отличия старших номеров от младших не было. Теперь клиенты могут запрашивать версии 3.x и получать в ответ не отказ, а сообщение, говорящее, что сервер поддерживает только версию 3.0. В данный момент от этого ничего не меняется, но перенос этого изменения в предыдущие версии должен ускорить внедрение небольших усовершенствований протокола в будущем.

- Исправление реакции на сбой при запуске параллельного рабочего процесса (Амит Капила, Роберт Хаас)

Ранее параллельный запрос мог зависнуть на неопределённое время, если не удавалось запустить рабочий процесс, вследствие ошибки в `fork()` или других редких проблем.

- Устранение небезопасного предположения о выравнивании при работе с типом `__int128` (Том Лейн)

Обычно компиляторы полагают, что переменные `__int128` выравниваются по 16-байтовым границам, но наша инфраструктура выделения памяти не готова гарантировать это, а увеличение `MAXALIGN` кажется неподходящим по множеству причин. В качестве решения код был изменён так, чтобы тип `__int128` можно было использовать только когда мы можем сказать компилятору, что предполагается не такое крупное выравнивание. Единственный замеченный симптом этой проблемы — сбой в некоторых параллельных запросах с агрегированием.

- Предотвращение сбоев с переполнением стека при планировании операций со множествами с крайне большой вложенностью (`UNION/INTERSECT/EXCEPT`) (Том Лейн)
- Ликвидация обращений по нулевому указателю для некоторых типов адресов LDAP, задаваемых в файле `pg_hba.conf` (Томас Мунро)
- Исправление демонстрационных функций `INSTR()` в документации по PL/pgSQL (Юго Нагата, Том Лейн)

В документации утверждалось, что эти функции совместимы с Oracle®, но это было не совсем так. В частности, по-разному интерпретировалось отрицательное значение третьего параметра: Oracle воспринимает это значение как последнюю позицию, с которой может начинаться целевая подстрока, а наши функции считали, что это последняя позиция, где строка может заканчиваться. Также Oracle выдаёт ошибку в случае нулевого или отрицательного четвёртого параметра, тогда как наши функции возвращали ноль.

Код этого примера был изменён для большего соответствия поведению Oracle. Пользователям, которые скопировали этот код в свои приложения, возможно, имеет смысл обновить свои копии.

- Исправление поведения `pg_dump`, чтобы ACL (разрешения), комментарии и метки безопасности можно было надёжно идентифицировать в архивных выходных форматах (Том Лейн)

Компонент «метка» записи ACL в архиве обычно представлял собой просто имя целевого объекта. В его начало теперь добавляется тип объекта, чтобы записи ACL соответствовали соглашениям, уже принятым для записей комментариев и меток безопасности. Кроме того, обозначения комментариев и меток безопасности, заданных для собственно базы данных, теперь должны начинаться с `DATABASE`, чтобы они соответствовали тому же соглашению. Это предупреждает ложные срабатывания в коде, который пытается найти записи больших объектов по строкам, начинающимся со слов `LARGE OBJECT`. Прежнее поведение могло приводить к неправильной классификации записей как данные и нежелательным результатам при восстановлении выгруженной только схемы или только данных.

Заметьте, что следствием этого стало изменение видимого пользователями вывода `pg_restore --list`.

- Переименование функции `copy_file_range` в `pg_rewind` во избежание конфликта с новым системным вызовом Linux с таким же именем (Андрес Фройнд)

Это изменение предотвращает ошибки при сборке с новыми версиями `glibc`.

- В `esrpg` добавлено выявление массивов индикаторов с неправильной длиной и сообщение об ошибке (Дэвид Рейдер)
- Предотвращение срабатывания проверки истинности внутри `libc` в расширении `contrib/hstore` из-за использования `memcpy()` с равными указателями источника и получателя (Томаш Вондра)
- Добавление современных примеров настройки автозапуска Postgres в macOS (Том Лейн)

Скрипты в `contrib/start-scripts/osx` используют инфраструктуру, которая устарела десять лет назад, и абсолютно неработоспособны во всех версиях macOS, выпущенных в последние два года. Добавлен новый подкаталог `contrib/start-scripts/macos` со скриптами, использующими новую инфраструктуру `launchd`.

- Исправление некорректного выбора зависящих от конфигурации библиотек OpenSSL в Windows (Эндрю Дунстан)
- Поддержка компоновки с версиями `libperl`, собранными компилятором MinGW (Ной Миш)

Это позволяет собирать PL/Perl с некоторыми распространёнными дистрибутивами Perl для Windows.

- Исправление в сборке MSVC проверки, требуется ли 32-битной `libperl` определение `_D_USE_32BIT_TIME_T` (Ной Миш)

Имеющиеся дистрибутивы Perl ожидают разного, и при этом нет никакой возможности надёжно проверить это, поэтому пришлось добавить проверку фактического поведения используемой библиотеки во время компиляции.

- В Windows обработчик аварийного завершения должен устанавливаться на более раннем этапе запуска главного процесса (Такаяюки Цунакава)

Это поможет получить дампы памяти при ошибках в те моменты в начале запуска, в которые раньше дампы не записывались.

- В Windows устранены сбои, связанные с преобразованием кодировок при выводе сообщений на самых ранних стадиях запуска процесса `postmaster` (Такаяюки Цунакава)
- Использование нашего ранее написанного кода циклических блокировок для Motorola 68K во FreeBSD, а также в NetBSD (Давид Карлье)
- Добавление поддержки циклических блокировок для Motorola 88K (Давид Карлье)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2018c`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Бразилии, в Сан-Томе и Принсипи, а также корректировки исторических данных для Боливии, Японии и Южного Судана. Был удалён часовой пояс `US/Pacific-New` (это был просто псевдоним для пояса `America/Los_Angeles`).

Е.27. Выпуск 9.5.10

Дата выпуска: 2017-11-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.9. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.27.1. Миграция на версию 9.5.10

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете индексы BRIN, прочитайте четвёртую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.8, см. Раздел Е.29.

Е.27.2. Изменения

- Обеспечение проверки разрешений на уровне таблиц и политик RLS при выполнении `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` во всех случаях (Дин Рашид)

Путь изменения данных в команде `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` требовал наличия разрешения `SELECT` для всех столбцов в решающем индексе, но в случае указания решающего ограничения по имени должная проверка отсутствовала. Кроме того, для таблиц с включён-

ной защитой на уровне строк не проверялось, соответствуют ли изменённые строки политикам SELECT (вне зависимости от способа задания решающего индекса). (CVE-2017-15099)

- Устранение сбоя при несовпадении типа записи в `json{b}_populate_recordset()` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Эти функции использовали тип результата, заданный в предложении `FROM ... AS`, не проверяя, соответствует ли он фактическому типу поступившего кортежа. В случае несоответствия обычно происходил сбой, хотя также вероятным было раскрытие содержимого памяти сервера. (CVE-2017-15098)

- Исправление скриптов запуска сервера — переключение на `$PGUSER` до открытия файла `$PGLOG` (Ной Миш)

Ранее файл журнала `postmaster` открывался ещё под именем `root`. Таким образом, владелец базы данных мог произвести атаку на другого пользователя системы, сделав `$PGLOG` символической ссылкой на некоторый другой файл, который в результате можно было испортить добавленными в него сообщениями журнала.

По умолчанию эти скрипты никуда не устанавливаются. Если вы использовали их, замените свои экземпляры новыми копиями либо внесите те же коррективы в свои вручную изменённые скрипты. Если владельцем существующего файла `$PGLOG` является `root`, его нужно удалить или переименовать прежде чем перезапускать сервер с помощью исправленного скрипта. (CVE-2017-12172)

- Исправление вычисления сводных данных индекса BRIN для корректной работы при одновременном расширении таблицы (Альваро Эррера)

Ранее в условиях гонки некоторые строки таблицы могли пропадать из индекса. Для устранения последствий предыдущих проявлений этой проблемы может потребоваться перестроить существующие индексы BRIN.

- Предупреждение возможных сбоев при параллельных изменениях индекса BRIN (Том Лейн)

В определённых условиях гонки могли возникать ошибки «invalid index offnum» (неверный номер смещения в индексе) или «inconsistent range map» (несогласованность в карте диапазонов).

- Устранение сбоя при вызове логического декодирования из функции, использующей SPI, в частности, из любой функции на одном из языков PL (Том Лейн)
- Исправление в функциях `json_build_array()`, `json_build_object()` и их аналогах для `jsonb` обработки явно заданных аргументов `VARIADIC` (Микаэль Пакье)
- Корректное недопущение попыток приведения бесконечных значений с плавающей точкой к типу `numeric` (Том Лейн, КайГай Кохэй)

Ранее поведение зависело от платформы.

- Устранение сбоев в особых случаях при добавлении столбцов в конец представления (Том Лейн)
- Фиксирование правильных зависимостей когда представление или правило содержит узлы выражения `FieldSelect` или `FieldStore` (Том Лейн)

В отсутствие этих зависимостей команда `DROP` со столбцом или типом данных может выполняться, когда не должна, что вызовет ошибки при последующем использовании представления или правила. Данное исправление не защищает существующие представления/правила, а повлияет только на создаваемые в будущем.

- Правильное определение хешируемости диапазонных типов данных (Том Лейн)

Планировщик ошибочно полагал, что любой диапазонный тип может хешироваться для использования в соединениях или агрегировании по хешу, но на самом деле он должен прове-

рять, поддерживает ли хеширование подтип диапазона. Это не касается встроенных диапазоновых типов, так как все они всё равно хешируемые.

- Игнорирование узлов выражений `RelabelType` при определении уникальности содержимого отношения (Дэвид Роули)

Это позволяет применить оптимизацию, когда результирующий столбец имеет тип `varchar`.

- Устранение маловероятной потери сообщений `NOTIFY` вследствие закливания идентификаторов транзакций (Марко Тииккая, Том Лейн)

Если в сеансе не выполнялись никакие запросы, то есть он просто ждал уведомлений и за это время прошло более 2 миллиардов транзакций, он начинал пропускать уведомления от параллельно фиксируемых транзакций.

- Предупреждение сбоя `SIGBUS` в Linux, когда в памяти DSM запрашивается область объёма, превышающего свободный объём в `tmpfs` (Томас Мунро)
- Предотвращение маловероятного сбоя при рекурсивном срабатывании триггеров (Том Лейн)
- Реализована возможность использовать режим `FREEZE` команды `COPY` на уровне изоляции транзакций `REPEATABLE READ` или выше (Ной Миш)

Этот сценарий использования был непреднамеренно потерян вследствие предыдущего исправления ошибки.

- Корректное восстановление значения `umask` при ошибке создания файла в `COPY` или `lo_export()` (Питер Эйзенраут)
- Улучшение сообщения об ошибке в случае дублирующихся имён столбцов в `ANALYZE` (Натан Боссарт)
- Исправление разбора последней строки в файле `pg_hba.conf`, завершающемся не символом перевода строки (Том Лейн)
- Исправление в `pg_basebackup` сравнения путей табличных пространств посредством приведения путей к канонической форме (Микаэль Пакье)

Это особенно полезно в Windows.

- Исправление `libpq`, чтобы для её работы не требовалось существование домашнего каталога пользователя (Том Лейн)

В версии 10 невозможность найти домашний каталог при попытке прочитать `~/.pgpass` считалась критической ошибкой, но эта ситуация должна обрабатываться так же, как и отсутствие данного файла. И в версии 10, и в ветвях предыдущих выпусков была допущена та же ошибка при чтении `~/.pg_service.conf`, хотя это было менее очевидно, так как данный файл использовался только при указании имени службы.

- Исправление в `libpq` защиты от целочисленного переполнения в счётчике строк в `PGresult` (Микаэль Пакье)
- Исправление в `esrg` обработки объявлений курсора вне текущей области с переменными типа указатель или массив (Михаэль Мескес)
- В `esrglib` исправлена обработка обратной косой черты в строковых константах в зависимости от значения `standard_conforming_strings` (Такаюки Цунакава)
- Игнорирование в `esrglib` дробной части при вводе целочисленных значений в режиме совместимости с Informix (Гао Цзэнци, Михаэль Мескес)
- Добавление отсутствующего предварительного требования `temp-install` для целей типа `check` в `Make` (Ной Миш)

Некоторые невыполняемые по умолчанию тестовые процедуры, подобные `make check`, не проверяли актуальность временной инсталляции.

- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией `tzcode2017c` (Том Лейн)

Тем самым исправлены различные дефекты; единственное, что могут заметить пользователи — правила перевода на летнее время для часового пояса с именем в стиле POSIX в отсутствие файла `posixrules` в каталоге данных часового пояса теперь соответствуют текущему закону США, а не действовавшему десять лет назад.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2017c`, включающее изменения правил перехода на летнее время на Фиджи, в Намибии, Северном Кипре, Судане, Тонга и на островах Теркс и Кайкос, плюс корректировку исторических данных для Аляски, Апии, Бирмы, Калькутты, Детройта, Ирландии, Намибии и Паго-Паго.

Е.28. Выпуск 9.5.9

Дата выпуска: 2017-08-31

В этот выпуск вошло несколько исправлений, внесённых после версии 9.5.8. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.28.1. Миграция на версию 9.5.9

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.8, см. Раздел Е.29.

Е.28.2. Изменения

- Отображение сторонних таблиц в представлении `information_schema.table_privileges` (Питер Эйзентраут)

Раньше сторонние таблицы отображались в остальных связанных представлениях `information_schema`, но отсутствовали в этом.

Так как определение этого представления устанавливается программой `initdb`, для решения проблемы будет недостаточно обычного обновления. Если вы хотите исправить существующую инсталляцию, вы можете от имени суперпользователя выполнить в `psql`:

```
SET search_path TO information_schema;
CREATE OR REPLACE VIEW table_privileges AS
    SELECT CAST(u_grantor.rolname AS sql_identifier) AS grantor,
           CAST(grantee.rolname AS sql_identifier) AS grantee,
           CAST(current_database() AS sql_identifier) AS table_catalog,
           CAST(nc.nspname AS sql_identifier) AS table_schema,
           CAST(c.relname AS sql_identifier) AS table_name,
           CAST(c.prtype AS character_data) AS privilege_type,
           CAST(
               CASE WHEN
                   -- object owner always has grant options
                   pg_has_role(grantee.oid, c.relowner, 'USAGE')
                   OR c.grantable
                   THEN 'YES' ELSE 'NO' END AS yes_or_no) AS is_grantable,
           CAST(CASE WHEN c.prtype = 'SELECT' THEN 'YES' ELSE 'NO' END AS yes_or_no)
    AS with_hierarchy

    FROM (
        SELECT oid, relname, relnamespace, relkind, relowner,
               (aclxplode(coalesce(relacl, acldefault('r', relowner)))).* FROM pg_class
        ) AS c (oid, relname, relnamespace, relkind, relowner, grantor, grantee,
               prtype, grantable),
        pg_namespace nc,
```

```

pg_authid u_grantor,
(
    SELECT oid, rolname FROM pg_authid
    UNION ALL
    SELECT 0::oid, 'PUBLIC'
) AS grantee (oid, rolname)

WHERE c.relnamespace = nc.oid
    AND c.relkind IN ('r', 'v', 'f')
    AND c.grantee = grantee.oid
    AND c.grantor = u_grantor.oid
    AND c.prtype IN ('INSERT', 'SELECT', 'UPDATE', 'DELETE', 'TRUNCATE',
'REFERENCES', 'TRIGGER')
    AND (pg_has_role(u_grantor.oid, 'USAGE')
        OR pg_has_role(grantee.oid, 'USAGE')
        OR grantee.rolname = 'PUBLIC');

```

Это потребуется повторить для каждой базы данных, требующей исправления (включая template0).

- Исправление обработки аварийного выхода (например, при получении SIGTERM) при попытке выполнить ROLLBACK для прерванной транзакции (Том Лейн)

В таких ситуациях мог происходить сбой проверочного утверждения. В выпускаемых сборках выход всё равно производился, но в журнал выводилось неуместное сообщение «cannot drop active portal» (удалить активный портал нельзя).

- Удаление проверочного утверждения, которое могло нарушаться при аварийном выходе (Том Лейн)
- Правильное обнаружение столбцов, имеющих тип диапазона или домена, который определён поверх искомого составного или доменного типа (Том Лейн)

Определённые команды ALTER, меняющие определение составного или доменного типа, должны проверять, нет ли в базе данных значений этого типа, и прерываться, если они есть, так как для изменения или обновления таких значений нет необходимой инфраструктуры. Ранее эти проверки могли пропустить значения, обёрнутые в типы диапазонов или вложенные домены, что могло нарушить целостность в базе данных.

- Устранение сбоя в pg_restore при работе в параллельном режиме и использовании файла-списка объектов, подлежащих восстановлению (Фабрицио де Ройес Мелло)
- Исправление лексического анализатора esrg, чтобы он принимал предложения RETURNING без связанных переменных C (Михаэль Мескес)

Благодаря этому программы esrg могут содержать SQL-конструкции, использующие RETURNING внутри (например, внутри CTE), не определяя значения, которые будут возвращены клиенту.

- Улучшение выбора флагов компилятора для PL/Perl в Windows (Том Лейн)

В результате этого исправления предотвращаются сбои PL/Perl, возможные из-за некорректных предположений о ширине значений time_t. Побочным эффектом, который могут заметить разработчики расширений, стала ликвидация глобального определения _USE_32BIT_TIME_T в сборках PostgreSQL для Windows. Это не должно приводить к проблемам, так как тип time_t не используется ни в каких определениях API PostgreSQL.

- Исправление поведения make check при использовании альтернативной (не GNU) программы make (Томас Мунро)

Е.29. Выпуск 9.5.8

Дата выпуска: 2017-08-10

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.7. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.29.1. Миграция на версию 9.5.8

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете сторонние серверы данных, на которых для проверки подлинности применяются пароли, прочитайте ниже первую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.7, см. Раздел Е.30.

Е.29.2. Изменения

- Дальнейшее ограничение видимости `pg_user_mappings.umoptions` для защиты паролей, сохранённых в свойствах сопоставлений пользователей (Ной Миш)

Исправление дефекта CVE-2017-7486 оказалось некорректным: в результате пользователь мог видеть свойства своего собственного сопоставления, даже когда он не имел права `USAGE` для соответствующего стороннего сервера. В таких свойствах мог содержаться пароль, который должен задавать владелец сервера, а не сам пользователь. Так как представление `information_schema.user_mapping_options` не показывает свойства в таких случаях, и `pg_user_mappings` не должно. (CVE-2017-7547)

Само по себе это исправление корректирует поведение только в новых базах данных, создаваемых `initdb`. Если вы хотите применить это исправление к существующей базе данных, вам нужно будет проделать следующие действия:

1. Добавьте `allow_system_table_mods = true` в `postgresql.conf` и перезапустите сервер. (В версиях, поддерживающих `ALTER SYSTEM`, вы можете воспользоваться этой командой для изменения конфигурации, но перезапустить сервер потребуется всё равно.)
2. В каждой базе данных кластера выполните от имени суперпользователя следующие команды:

```
SET search_path = pg_catalog;
CREATE OR REPLACE VIEW pg_user_mappings AS
    SELECT
        U.oid          AS umid,
        S.oid          AS srvid,
        S.srvname      AS srvname,
        U.umuser       AS umuser,
        CASE WHEN U.umuser = 0 THEN
            'public'
        ELSE
            A.rolname
        END AS username,
        CASE WHEN (U.umuser <> 0 AND A.rolname = current_user
            AND (pg_has_role(S.srvowner, 'USAGE')
                OR has_server_privilege(S.oid, 'USAGE'))
            OR (U.umuser = 0 AND pg_has_role(S.srvowner, 'USAGE'))
            OR (SELECT rolsuper FROM pg_authid WHERE rolname =
current_user)
            THEN U.umoptions
        ELSE NULL END AS umoptions
    FROM pg_user_mapping U
        LEFT JOIN pg_authid A ON (A.oid = U.umuser) JOIN
        pg_foreign_server S ON (U.umserver = S.oid);
```

3. Не забудьте внести коррективы в базах данных `template0` и `template1`, в противном случае уязвимость сохранится в базах, которые будут создаваться впоследствии. Чтобы поправить

template0, вам потребуется временно разрешить подключения к ней. В PostgreSQL 9.5 и новее вы можете выполнить

```
ALTER DATABASE template0 WITH ALLOW_CONNECTIONS true;
```

, а внося поправку в template0, восстановить прежнее состояние командой

```
ALTER DATABASE template0 WITH ALLOW_CONNECTIONS false;
```

В более ранних версиях вместо этого используйте пару команд

```
UPDATE pg_database SET datallowconn = true WHERE datname = 'template0';
UPDATE pg_database SET datallowconn = false WHERE datname = 'template0';
```

4. В заключение удалите параметр конфигурации `allow_system_table_mods` и ещё раз перезапустите postmaster.

- Запрет пустых паролей для всех методов аутентификации по паролю (Хейкки Линнакангас)

Библиотека `libpq` игнорирует пустое указание пароля и не передаёт его на сервер. Поэтому, если пароль пользователя пустой, `psql` и другие клиенты на базе `libpq` не позволяют подключиться с таким паролем. Как следствие, администратор может решить, что установка пустого пароля равнозначна запрету входа по паролю. Однако с изменённым клиентом или клиентом не на базе `libpq` подключение оказывается возможным, в зависимости от настроенного метода аутентификации. В частности, самый распространённый метод, `md5`, принимает пустые пароли. В результате этого изменения сервер не будет принимать пустые пароли во всех случаях. (CVE-2017-7546)

- Добавление в `lo_put()` проверки права `UPDATE` для целевых больших объектов (Том Лейн, Микаэль Пакье)

Функция `lo_put()`, несомненно, должна требовать наличия тех же прав, что и `lowrite()`, но такая проверка отсутствовала, что позволяло пользователю менять данные в большом объекте. (CVE-2017-7548)

- Исправление в документации описания процесса обновления резервных серверов с использованием `pg_upgrade` (Брюс Момджян)

Ранее в документации говорилось, что нужно запустить/остановить ведущий сервер после запуска `pg_upgrade`, но до синхронизации резервных серверов. Однако эта последовательность небезопасна.

- Исправление одновременной блокировки цепочки изменённых кортежей (Альваро Эррера)

Когда цепочка изменённых кортежей блокируется одновременно несколькими сеансами в неконфликтующем режиме с использованием старого снимка, и все операции завершаются успешно, существовала возможность, что некоторые из них, несмотря на это, нарушатся (и заключат, что актуальной версии кортежа нет) из-за условий гонки. В частности, вследствие этого проверка внешнего ключа могла не увидеть кортеж, который определённо существует, но изменяется параллельной операцией.

- Устранение риска повреждения данных при замораживании кортежа, в котором XMAX равен идентификатору мультитранзакции с ровно одним ещё востребованным членом (Фёдор Сигарев)
- Предупреждение целочисленного переполнения и краха при сортировке в памяти более чем одного миллиарда кортежей (Сергей Копосов)
- В Windows необходимо повторять попытки создания процесса в случае ошибки при резервировании диапазона адресов разделяемой памяти в новом процессе (Том Лейн, Амит Капила)

Это должно устранить периодические сбои при запуске дочерних процессов, возможно, вызванные вмешательством антивирусных программ.

- Устранение маловероятной возможности повреждения разделяемой хеш-таблицы предикатных блокировок в сборках для Windows (Томас Мунро, Том Лейн)

- Предотвращение вывода в журнал сообщения о штатном закрытии SSL-соединения (поведение должно быть таким же, как и при сбросе соединения) (Микаэль Пакье)
- Запрещение передачи сеансовых билетов SSL клиентам (Том Лейн)

Это исправление устраняет сбои при переподключении клиентов с реализациями SSL, в которых эти билеты используются.

- Исправление кода, устанавливающего `tcp_keepalives_idle` в Solaris (Том Лейн)
- Исправление дефекта в сборщике статистики, приводящего к потере запросных сообщений, выдаваемых сразу после перезапуска главного процесса (Том Лейн)

Запросы статистики, выдаваемые в течение полсекунды после предыдущего отключения главного процесса, по сути терялись.

- Размер приёмного буфера в сборщике статистики должен быть не меньше 100 Кбайт (Том Лейн)

Это снижает риск потери данных статистики на старых платформах, где размер приёмного буфера по умолчанию меньше.

- Устранение возможности создания некорректного сегмента WAL при повышении резервного сервера сразу после того, как он обрабатывает запись `XLOG_SWITCH` (Андрес Фройнд)
- Процесс `walsender` должен завершаться своевременно, когда клиент инициирует выключение (Том Лейн)
- Исправление обработки сигналов `SIGHUP` и `SIGUSR1` в процессах `walsender` (Петр Желинек, Андрес Фройнд)
- Предотвращение панического состояния, которое могут вызвать процессы `walsender` во время контрольной точки при выключении (Андрес Фройнд, Микаэль Пакье)
- Устранение неоправданной паузы при перезапуске процессов `walreceiver`, возникающей вследствие условий гонки в главном процессе (Том Лейн)
- Устранение утечки маленьких подтранзакций, оказывающихся на диске при логическом декодировании (Андрес Фройнд)

В результате образовывались временные файлы, занимающие лишнее место на диске.

- Оптимизация операций, необходимых для получения снимков при создании слотов логического декодирования (Андрес Фройнд, Петр Желинек)

Предыдущий алгоритм оказывался очень неэффективным на сервере со множеством открытых транзакций.

- Устранение условий гонки, при которых создание слотов логического декодирования могло откладываться на неопределённое время (Андрес Фройнд, Петр Желинек)
- Уменьшение издержек при обработке событий сброса системного кеша (Том Лейн)

Это особенно полезно для логического декодирования, когда сброс кеша происходит часто.

- Исправление поведения в ситуациях, когда `INSERT` или `UPDATE` присваивает более одного элемента столбцу с типом домена на базе массива (Том Лейн)
- Разрешение использования оконных функций во вложенных `SELECT` в аргументах агрегатной функции (Том Лейн)
- Предупреждение конфликта имён с автоматически генерируемыми типами массивов при выполнении `ALTER ... RENAME` (Вик Фиринг)

Ранее автоматически сгенерированный тип массива во избежание конфликта переименовывался при выполнении `CREATE`; данное исправление распространяет это поведение и на операции переименования.

- Устранение потери указателя в `ALTER TABLE` когда для ограничения, принадлежащего таблице, добавлен комментарий (Дэвид Роули)

При повторном применении комментария к воссозданному ограничению мог произойти сбой со странным сообщением или даже с аварийным завершением.

- Добавление для команды `ALTER USER ... SET` всех вариантов синтаксиса, что принимает `ALTER ROLE ... SET` (Питер Эйзентраут)
- Обновление информации о зависимости при смене типа аргумента или возврата для функции ввода/вывода с `opaque` на целевой тип (Хейкки Линнакангас)

`CREATE TYPE` изменяет функции ввода/вывода, объявленные в давно устаревшем стиле, но информация о зависимости от этого типа не записывалась, в результате чего после команд `DROP TYPE` могли оставаться дефектные определения функций.

- Сокращение использования памяти при обработке командой `ANALYZE` столбцов `tsvector` (Хейкки Линнакангас)
- Устранение ненужной потери точности и небрежного округления при умножении и делении значений `money` на целые числа или числа с плавающей точкой (Том Лейн)
- Уточнение проверок пробельных символов в функциях, разбирающих идентификаторы, например `regprocedurein()` (Том Лейн)

В зависимости от используемой локали эти функции могли неправильно воспринимать фрагменты многобайтных символов как пробелы.

- Использование уместных символов `#define` из Perl при сборке PL/Perl (Ашутос Шарма, Том Лейн)

Это предупреждает проблемы переносимости, обычно проявляющиеся в виде ошибок «проверки совместимости» в момент загрузки библиотеки при использовании последних версий Perl.

- Обеспечение в `libpq` корректного сброса состояния аутентификации GSS/SASL и SSPI после неудачной попытки подключения (Микаэль Пакье)

Ранее этот сброс не выполнялся и при переходе с SSL-соединения на не SSL ошибка GSS/SASL при попытке SSL-подключения мешала затем установить обычное подключение, без SSL. С SSPI этого не происходило, но имела место утечка памяти.

- В `psql` устранён сбой, возникающий, когда команда `COPY FROM STDIN` завершалась вводом сигнала EOF с клавиатуры, а затем следовала ещё одна попытка выполнить `COPY FROM STDIN` (Томас Мунро)

Это некорректное поведение наблюдалось в системах, основанных на BSD, (включая macOS), но не в других.

- Исправление программ `pg_dump` и `pg_restore`, чтобы команды `REFRESH MATERIALIZED VIEW` выдавались в конце (Том Лейн)

Это предотвращает ошибки при выгрузке/восстановлении данных, когда материализованное представление ссылается на таблицы, принадлежащие другому пользователю.

- Улучшение вывода в `pg_dump/pg_restore` сообщений об ошибках, возникающих в `zlib` (Владимир Кунщиков, Альваро Эррера)
- Исправление поведения `pg_dump` с ключом `--clean`, чтобы событийные триггеры удалялись должным образом (Том Лейн)

Теперь также правильно назначаются владельцы событийных триггеров; ранее после запуска скрипта восстановления такие триггеры оказывались принадлежащими суперпользователю.

- Исправление дефекта в `pg_dump`, когда для пустого класса операторов выдавался некорректный SQL (Даниэль Густафссон)

- Исправление вывода `pg_dump` в `stdout` на платформе Windows (Кунтал Гхош)

Сжатые данные выгрузки в текстовом виде при выводе в `stdout` оказывались испорченными из-за того, что дескриптор файла не переводился в двоичный режим.

- Исправление вывода `pg_get_ruledef()` для правила `ON SELECT`, связанного с представлением, в котором переименовывались столбцы (Том Лейн)

В некоторых особых случаях `pg_dump` использует `pg_get_ruledef()` для выгрузки представлений, так что эта ошибка могла приводить к сбоям при выгрузке/загрузке.

- Исправление выгрузки внешних соединений с пустыми ограничениями, получающихся, например, в результате `NATURAL LEFT JOIN` без общих столбцов (Том Лейн)
- Исправление выгрузки выражений с функциями в предложении `FROM` в случаях, когда эти выражения не преобразуются в нечто, напоминающее вызов функции (Том Лейн)
- Исправление вывода `pg_basebackup` в `stdout` на платформе Windows (Харибабу Комми)

Архивируемые данные при выводе в `stdout` оказывались испорченными из-за того, что дескриптор файла не переводился в двоичный режим.

- Исправление `pg_rewind` для корректной работы с файлами больше 2 ГБ (Кунтал Гхош, Микаэль Пакье)

Обычно такие файлы в каталогах данных PostgreSQL не образуются, но в некоторых случаях они могут появиться.

- Исправление `pg_upgrade`, чтобы в конечной записи в WAL не оказалось `wal_level = minimum` (Брюс Момджян)

Это могло препятствовать переподключению обновлённых резервных серверов.

- Исправление в `pg_xlogdump` вычисления длины записи WAL (Андрес Фройнд)
- В `postgres_fdw` соединения к удалённым серверам должны устанавливаться заново после команд `ALTER SERVER` и `ALTER USER MAPPING` (Кётаро Хоригути)

Благодаря этому изменения параметров, затрагивающие свойства соединения, вступят в силу своевременно.

- В `postgres_fdw` реализована отмена команд управления удалёнными транзакциями (Роберт Хаас, Рафия Сабих)

Это изменение позволяет быстрее прервать ожидание неответа удалённого сервера в большем количестве случаев, чем раньше.

- Увеличение `MAX_SYSCACHE_CALLBACKS` для выделения дополнительного места расширениям (Том Лейн)
- При сборке разделяемых библиотек с gcc всегда должен передаваться ключ `-fPIC`, а не `-fpic` (Том Лейн)

Это позволяет поддерживать библиотеки расширений большего размера на тех платформах, где эти ключи не равнозначны.

- Экранирование фигурных скобок в наших сборочных скриптах для Microsoft MSVC во избежание предупреждений или ошибок с новыми версиями Perl (Эндрю Дунстан)
- Для сборок MSVC реализована обработка ситуации, когда библиотека OpenSSL находится не в подкаталоге `vc` (Эндрю Дунстан)
- Для сборок MSVC добавлен нужный путь для заголовочных файлов `libxml2` (Эндрю Дунстан)

Это устраняет прежнюю необходимость перемещения файлов в стандартной установке `libxml2` в Windows.

- Сборки MSVC должны распознавать библиотеку Tcl с именем `tcl86.lib` (Ной Миш)

- В сборках MSVC должны учитываться флаги в параметре `PROVE_FLAGS`, заданном в командной строке `vcregress.pl` (Эндрю Дунстан)

Е.30. Выпуск 9.5.7

Дата выпуска: 2017-05-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.6. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.30.1. Миграция на версию 9.5.7

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы используете сторонние серверы данных, на которых для проверки подлинности применяются пароли, прочитайте ниже первую запись в списке изменений.

А если вы используете сторонние средства репликации, основанные на «логическом декодировании», обратите внимание на четвёртую запись в списке изменений.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.6, см. Раздел Е.31.

Е.30.2. Изменения

- Ограничение видимости `pg_user_mappings.umoptions` для защиты паролей, сохранённых в свойствах сопоставлений пользователей (Микаэль Пакье, Фейке Стинберген)

Предыдущая реализация позволяла владельцу объекта стороннего сервера или любому, кто получил право `USAGE`, видеть свойства всех сопоставлений, связанных с этим сервером. В том числе это могли быть и пароли других пользователей. Теперь определение данного представления изменено для соответствия поведению `information_schema.user_mapping_options`, так что эти свойства может прочитать только собственно пользователь сопоставления либо, если это сопоставление роли `PUBLIC`, владелец сервера, либо суперпользователь. (CVE-2017-7486)

Само по себе это исправление корректирует поведение только в новых базах данных, создаваемых `initdb`. Если вы хотите применить это исправление к существующей базе данных, следуйте исправленной процедуре в списке изменений, относящейся к CVE-2017-7547, в Разделе Е.29.

- Предотвращение утечки статистической информации через негерметичные операторы (Питер Эйзентраут)

Некоторые функции оценки избирательности в планировщике применяют пользовательские операторы к значениям, получаемым из `pg_statistic`, например, к наиболее частым значениям и элементам гистограммы. Это происходит до проверки прав доступа к таблице, так что злонамеренный пользователь может воспользоваться этим и получить подобные значения из столбцов таблицы, чтение которых ему запрещено. Для устранения этой уязвимости следует переходить к общим оценкам, если функция, реализующая оператор, не считается герметичной и вызывающий её пользователь не имеет права на чтение столбца, статистика по которому требуется планировщику. На практике в большинстве случаев одно из этих условий выполняется. (CVE-2017-7484)

- Восстановление восприятия библиотекой `libpq` переменной окружения `PGREQUIRESSL` (Даниэль Густафссон)

Поддержка этой переменной окружения была непреднамеренно ликвидирована в PostgreSQL 9.3, но в документации она осталась. Это создало угрозу безопасности, так как пользователи могли рассчитывать на то, что она будет требовать SSL-шифрования подключений, но на самом деле этого не происходило. Теперь эта переменная воспринимается как и раньше, но имеет меньший приоритет, чем `PGSSLMODE`, во избежание нарушения конфигураций, работающих корректно с версиями после 9.3. (CVE-2017-7485)

- Исправление потенциально некорректного начального снимка при логическом декодировании (Петр Желинек, Андрес Фройнд)

Изначальный снимок, создаваемый для слота репликации с логическим декодированием, мог быть некорректным. В результате сторонние средства, использующие логическое декодирование, могли получать неполные/несогласованные начальные данные. Вероятность такого сбоя увеличивалась, если при создании слота исходный сервер был загружен либо уже существовал другой логический слот.

Если вы используете средство репликации, основанное на логическом декодировании, и копировали непустой набор данных в начале репликации, имеет смысл пересоздать реплику после установления этого обновления либо сверить содержимое базы с исходным сервером.

- Исправление потенциального повреждения «слоёв инициализации» нежурналируемых индексов (Роберт Хаас, Микаэль Пакье)

Это повреждение могло приводить к переходу нежурналируемого индекса в ошибочное состояние после сбоя и перезапуска сервера. Устранить возникшую проблему можно было, только удалив и перестроив индекс.

- Исправление ошибочного восстановления записей `pg_subtrans` при воспроизведении резервным сервером подготовленных, но не зафиксированных двухфазных транзакций (Том Лейн)

В большинстве случаев это не имело никаких болезненных последствий, но в особых ситуациях могло приводить к заикливанию ссылок в `pg_subtrans`, что, в свою очередь, провоцировало бесконечные циклы в запросах, обращающихся к строкам, изменённым двухфазной транзакцией.

- Предотвращение возможного сбоя в `walsender` при ошибке инициализации буфера строки (Стас Кельвич, Фудзии Масао)
- Предупреждение возможного сбоя при повторном сканировании индекса GiST с использованием только индекса и поиском ближайших соседей (Том Лейн)
- Исправление поведения `postmaster` при обработке сбоя `fork()` для фонового рабочего процесса (Том Лейн)

Ранее `postmaster` модифицировал элементы своего состояния так, как будто процесс был запущен успешно, что впоследствии приводило к замешательству.

- Устранение сбоев или неверных ответов в случаях, когда тип данных столбца в `GROUPING SETS` является хешируемым, но не сортируемым (Паван Деоласи)
- Исключение применения оптимизации «физического целевого списка» к нестандартным сканированиям (Дмитрий Иванов, Том Лейн)

Эта оптимизация предполагала, что получить все столбцы кортежа можно недорого, что действительно верно для обычных кортежей Postgres, но с нестандартными провайдерами сканирования это может быть не так.

- Использование правильного подвыражения при применении политики защиты на уровне строк `FOR ALL` (Стивен Фрост)

В некоторых случаях применялось ограничение `WITH CHECK`, хотя более уместным было бы ограничение `USING`.

- Обеспечение видимости результатов непосредственно предшествующих DDL при разборе запросов в скриптах расширений (Жульен Рухо, Том Лейн)

Из-за того, что кеш между командами в скрипте расширения не сбрасывался, запрос к данным мог не наблюдать эффектов непосредственно предшествующего ему изменения каталога, например результатов `ALTER TABLE ... RENAME`.

- Ликвидация проверки прав доступа к табличному пространству при перестроении существующего индекса командой `ALTER TABLE ... ALTER COLUMN TYPE` (Ной Миш)

Это команда выдавала ошибку, если вызывающий пользователь не имел права `CREATE` для табличного пространства, содержащего индекс. Такое поведение малополезно, так что стоит исключить эту проверку и разрешить перестраивать индекс там, где он находился.

- Предотвращение рекурсивного обращения команды `ALTER TABLE ... VALIDATE CONSTRAINT` к дочерним таблицам когда ограничение помечено как `NO INHERIT` (Амит Ланготе)

Это предупреждает нежелательные сбои типа «constraint does not exist» (ограничение не существует) в случаях, когда в дочерних таблицах нет соответствующего ограничения.

- Устранение потери указателя в `COPY ... TO` когда для исходной таблицы активна защита на уровне строк (Том Лейн)

Обычно это не имело болезненных последствий, но иногда всё же приводило к неожиданным ошибкам и сбоям.

- Предупреждение обращения к уже закрытому элементу `relcache` в `CLUSTER` и `VACUUM FULL` (Том Лейн)

При особом стечении обстоятельств это могло приводить к тому, что индексы в целевом отношении перестраивались с неправильным режимом сохранения.

- Исправление ошибки команды `VACUUM`, когда она неправильно учитывала страницы, которые не могла прочитать из-за конфликтующих закреплений страниц (Эндрю Гирт)

Это провоцировало недооценивание количества кортежей в таблице. В худшем случае с чрезвычайно востребованной таблицей команда `VACUUM` могла ошибочно сообщить, что таблица вообще не содержит кортежей, что приводило к очень плохим решениям при планировании.

- Обеспечение возможности прерывания циклов массовой передачи кортежей в соединении по хешу при попытке отмены запроса (Том Лейн, Томас Мунро)
- Исправление проблем с переполнением целочисленных значений при сравнении типов `interval` (Кётаро Хоригути, Том Лейн)

Операторы сравнения для типа `interval` могли выдавать неверные ответы для интервалов, превышающих 296000 лет. Индексы по столбцам с такими большими значениями следует перестроить, так как они могут быть испорчены.

- Исправление функции `cursor_to_xml()`, чтобы она выдавала правильный результат с `tableforest = false` (Томас Мунро, Питер Эйзентраут)

Ранее она не добавляла внешний элемент `<table>`.

- Устранение проблем с округлением в функциях `float8_timestampz()` и `make_interval()` (Том Лейн)

Эти функции отбрасывали дробную часть, а не округляли числа при преобразовании значения с плавающей точкой к целому числу микросекунд; это могло приводить к неожиданным сдвигам результатов на единицу.

- Исправление функции `pg_get_object_address()` для членов семейств операторов (Альваро Эррера)
- Улучшение производительности представления `pg_timezone_names` (Том Лейн, Дэвид Роули)
- Уменьшение издержек при управлении памятью для контекстов, содержащих множество больших блоков (Том Лейн)
- Исправление неаккуратной обработки редких ошибок в `lseek()` и `close()` (Том Лейн)

В типичных ситуациях эти системные вызовы отрабатывают без ошибок, но в случае ошибки код `fd.c` мог повести себя некорректно.

- Исправление некорректной проверки факта работы `postmaster` в виде службы Windows (Микаэль Пакье)

Вследствие ошибки для вывода сообщений мог выбираться системный журнал событий (там где его на самом деле не было), так что запись сообщений фактически не производилась.

- Исправление в `esrg` поддержки `COMMIT PREPARED` и `ROLLBACK PREPARED` (Масахико Савада)
- Исправление ошибки двойного освобождения при обработке строковых констант, заключённых в доллары, в `esrg` (Михаэль Мескес)
- В `pg_dump` исправлена пометка схемы и владельца для комментариев и меток безопасности некоторых типов объектов БД (Джузеппе Брокколо, Том Лейн)

В простых случаях это не проявлялось никак, но например, при восстановлении с выбором схемы, могли потеряться комментарии, которые в ней должны быть, из-за того, что они не были помечены как принадлежащие схеме своего объекта.

- Предотвращение вывода командой `pg_restore -l` некорректного файла со списком объектов, когда имена объектов SQL содержат символы перевода строки (Том Лейн)

Символы перевода строки заменяются пробелами, что достаточно для того, чтобы этот список корректно обработала команда `pg_restore -L`.

- Исправление поведения `pg_upgrade` для корректного переноса комментариев и меток безопасности, связанных с «большими объектами» (BLOB) (Стивен Фрост)

Ранее такие объекты корректно переносились в новую базу данных, но связанные с ними комментарии и метки безопасности терялись.

- Улучшение обработки ошибок в функции `pg_file_write()` из `contrib/adminpack` (Ной Миш)

В частности, она не реагировала на ошибки в вызове `fclose()`.

- Предупреждение утечки предыдущего безымянного соединения при установлении нового безымянного соединения в `contrib/dblink` (Джо Конвей)
- Исправление извлечения триграмм из регулярных выражений в `contrib/pg_trgm` (Том Лейн)

В некоторых случаях это могло приводить к формированию испорченной структуры данных, для которой отсутствуют какие-либо соответствия. Вследствие этого при сканировании по индексам GIN и GiST с использованием триграмм для регулярного выражения могли не находиться никакие результаты.

- В `contrib/postgres_fdw` реализована передача требования отмены запроса удалённому серверу (Микаэль Пакье, Эцуро Фудзита)

Ранее требование на отмену локального запроса не влекло за собой досрочную отмену удалённого запроса, уже переданного на выполнение. Это доработка ранее была реализована в 9.6 и теперь перенесена в 9.5.

- Поддержка Tcl 8.6 в сборках с MSVC (Альваро Эррера)
- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией `tzcode2017b` (Том Лейн)

Это устраняет ошибку с некоторыми вариантами перехода на летнее время в январе 2038.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2017b`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Чили, Монголии и на Гаити, а также исторические изменения для Эквадора, Казахстана, Либерии и Испании. Переход к числовым аббревиатурам для ряда часовых поясов в Южной Америке, в Тихом и Индийском океанах, а также в некоторых азиатских и ближневосточных странах.

Ранее в базе данных часовых поясов IANA предоставлялись текстовые аббревиатуры для всех часовых поясов и иногда при этом указывались аббревиатуры, которые практически не употреблялись местным населением. Сейчас происходит процесс ухода от этой практики в пользу использования числовых смещений UTC в тех часовых поясах, где нет никаких свиде-

тельств реального использования английской аббревиатуры. Как минимум на данном этапе, PostgreSQL продолжит принимать подобные удалённые аббревиатуры при вводе дат/времени. Но они не будут видны при просмотре представления `pg_timezone_names` и не будут выводиться с датами/временем.

- Использование корректных правил перехода на летнее время для названий часовых поясов в стиле POSIX при сборке с MSVC (Дэвид Роули)

Сборочные скрипты для MSVC не устанавливали корректно файл `posixrules` в дерево каталогов `timezone`. Это приводило к тому, что код `timezone` переходил к использованию встроенных представлений о том, какой вариант перехода на летнее время применим для названия пояса в стиле POSIX. По историческим причинам это соответствует правилам, которые действовали в США до 2007 г. (то есть переход на летнее время происходил в первое воскресенье апреля, а на зимнее — в последнее воскресенье октября). С этим исправлением для часового пояса с названием в стиле POSIX будут использоваться текущие и исторические даты перехода для пояса `US/Eastern`. Если для вас это нежелательно, удалите файл `posixrules` или замените его файлом другого часового пояса (см. Подраздел 8.5.3). Учтите, что вследствие кеширования вам потребуется перезапустить сервер, чтобы подобные изменения вступили в силу.

Е.31. Выпуск 9.5.6

Дата выпуска: 2017-02-09

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.5. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.31.1. Миграция на версию 9.5.6

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей инсталляции проявилась ошибка, описанная в первой записи следующего списка изменений, после обновления вам может потребоваться предпринять дополнительные действия для исправления испорченных индексов.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.5, см. Раздел Е.32.

Е.31.2. Изменения

- Исправление поведения в особых условиях, которое приводило к повреждению индексов, создаваемых командой `CREATE INDEX CONCURRENTLY` (Паван Деоласи, Том Лейн)

Если команда `CREATE INDEX CONCURRENTLY` применялась для построения индекса, зависящего от столбца, ранее не индексируемого, то у строк, изменяемых транзакциями, выполняемыми одновременно с командой `CREATE INDEX`, могли оказываться некорректные записи в индексе. В случае подозрений, что вас это коснулось, самое надёжное решение — перестроить такие индексы после установки этого обновления.

- Предотвращение утери специального снимка, используемого при сканировании каталога, при преждевременной очистке данных (Tom Lane)

Рабочие процессы не учитывали этот снимок, сообщая о своём самом старом `xmin`, что оставляло возможность для удаления по-прежнему нужных данных параллельными операциями очистки. Это приводило к появлению плавающих ошибок с сообщениями «ошибка поиска в кеше для отношения 1255».

- Исправление некорректной записи в WAL, формируемой для индексов BRIN (Кунтал Гхош)

Запись WAL, выдаваемая для страницы BRIN «`revmap`» при перемещении кортежа индекса в другую страницу, была некорректной. При воспроизведении журнала соответствующая часть индекса становилась непригодной, и её требовалось вычислять заново.

- Безусловное фиксирование в WAL создания «слоя инициализации» для нежурналируемых таблиц (Микаэль Пакье)

Ранее это действие пропусклось при `wal_level = minimal`, но на самом деле это необходимо даже в этом случае, чтобы нежурналируемая таблица корректно создавалась пустой после сбоя.

- Сокращение взаимоблокировок на резервных серверах при воспроизведении операций очистки индекса-B-дерева (Саймон Риггс)

Это изменение исключает существенные задержки при репликации, которые иногда имели место при воспроизведении таких операций.

- Если процесс сборщика статистики потерян, перезапускать его и в режиме горячего резерва (Такаюки Цунакава)
- Обеспечение корректной работы механизма уведомлений горячего резерва, когда он включается при запуске резервного сервера (Антс Аасма, Крейг Рингер)
- Проверка прерываний в момент ожидания конфликтующего запроса сервером горячего резерва (Саймон Риггс)
- Предупреждение постоянного перезапуска процесса запуска автоочистки в особых случаях (Амит Хандекар)

Это исправление решает проблему, возникавшую, когда автоочистка номинально отключена и есть несколько таблиц, требующих «заморозки», но эти таблицы уже обработаны рабочими процессами автоочистки.

- Исправление проверки на возможность удаления объекта, принадлежащего расширению (Том Лейн)

Скрипты обновления расширений должны иметь возможность удалять объекты расширений, но это запрещалось для последовательностей со столбцами `serial`, а также, возможно, в других случаях.

- Команда `ALTER TABLE` должна сохранять назначения табличных пространств индексам при перестраивании индексов (Том Лейн, Микаэль Пакье)

Ранее с нестандартными значениями `default_tablespace` были возможны разрушения индексов.

- Исправление некорректного изменения свойств триггерной функции при изменении свойства «откладываемости» ограничения внешнего ключа с помощью команды `ALTER TABLE ... ALTER CONSTRAINT` (Том Лейн)

Это приводило к странным сбоям при последующем обращении к внешнему ключу, так как триггеры срабатывали не в положенное время.

- Недопущение удаления ограничения внешнего ключа при наличии событий, ожидающих обработки триггерами, для целевого отношения (Том Лейн)

Это предотвращает ошибки «не удалось найти триггер `NNN`» и «в отношении `NNN` нет триггеров».

- Исправление поведения `ALTER TABLE ... SET DATA TYPE ... USING` в случаях, когда порядок столбцов в дочерней таблице отличается от родительской (Альваро Эррера)

Вследствие того, что столбцы в выражении `USING` не перенумеровывались, возникала ошибка, обычно такая: «атрибут `N` имеет неправильный тип».

- Исправление обращения к столбцу `OID` в случаях, когда таблица с таким столбцом связывается с родительской, тоже с `OID`, посредством `ALTER TABLE ... INHERIT` (Амит Ланготе)

В таких случаях столбец `OID` должен обрабатываться как обычный пользовательский столбец, но этого не происходило, что приводило к странному поведению при последующих изменениях наследования.

- Исправление поведения `CREATE OR REPLACE VIEW` — запрос представления должен изменяться до применения новых параметров представления (Дин Рашид)

Ранее в команде происходил сбой, если новые параметры оказывались несогласованными со старым определением представления.

- Получение правильного идентификатора объекта в `ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION` (Артур Закиров)

Ранее расширениям, таким как модули логического декодирования, выдавался неправильный OID каталога.

- Предупреждение сбоев механизма учёта времени транзакций при запросе особых XID (`FrozenTransactionId` и `BootstrapTransactionId`) (Крейг Рингер)
- Проверка конфликтов сериализуемости перед тем, как будет выдана ошибка нарушения ограничений (Томас Мурро)

В транзакциях сериализуемого уровня изоляции желательно, чтобы ошибка, вызванная параллельными транзакциями, заявлялась как ошибка сериализации, что скажет приложению, что попытка повторить то же действие может быть успешной. К сожалению, это не будет надёжно работать при дублировании ключа при параллельном его добавлении. В результате этого изменения такая ошибка будет выдаваться как ошибка сериализации, если приложение явно проверяет присутствие конфликтующего ключа (и не находит его) до этого в транзакции.

- Исправление некорректного использования `reloptions` представлений как `reloptions` обычных таблиц (Том Лейн)

Симптомами ошибки были неуместные сообщения «ON CONFLICT не поддерживается для таблицы ..., служащей таблицей каталога» когда целевым отношением `INSERT ... ON CONFLICT` было представление с каскадной проверкой.

- Исправление некорректного сообщения «допустимое число элементов в целевом списке ограничено N» при использовании `ON CONFLICT` с широкими таблицами (Том Лейн)
- Предотвращение разворачивания `foo.*` в набор столбцов в исходном выражении `UPDATE` (Том Лейн)

Это приводило к ошибкам с сообщением «несоответствие целевого количества в UPDATE --- внутренняя ошибка». Теперь эта запись воспринимается как обозначение переменной «вся строка», как и в других контекстах.

- Обеспечение точного определения модификаторов типа столбцов в конструкциях `VALUES` с несколькими строками (Том Лейн)

Это устраняет проблемы, возникавшие, когда первое значение в столбце имеет воспринимаемый модификатор типа (например, длину значения `varchar`), но последующие значения не разделяют его ограничение.

- При нахождении незаконченной суррогатной пары Unicode в конце строки символов Unicode должна выдаваться ошибка (Том Лейн)

Обычно за начальным суррогатным символом Unicode должно следовать продолжение, но это не проверялось когда такой начальный символ оказывался последним в строке символов Unicode (`U&'...'`) или в Unicode-идентификаторе (`U&"..."`).

- Определённо отрицательному поисковому запросу, например, `!foo`, должны удовлетворять пустые значения `tsvector` (Том Дунстан)

Такие соответствия находились при поиске по индексу GIN, но не при последовательном сканировании или поиске по индексу GiST.

- Предотвращение сбоя в ситуации, когда `ts_rewrite()` заменяет поддереву не верхнего уровня пустым запросом (Артур Закиров)

- Устранение проблем с производительностью в `ts_rewrite()` (Том Лейн)
- Исправление обработки в `ts_rewrite()` вложенных операторов NOT (Том Лейн)
- Увеличение скорости пользовательских агрегатов, использующих в качестве перехода функцию `array_append()` (Том Лейн)
- Исправление `array_fill()` для корректной обработки пустых массивов (Том Лейн)
- Предупреждение возможных сбоев в функциях `array_position()` и `array_positions()` при обработке массивов записей (Джун-сок Янг)
- Устранение выхода на один байт за границу буфера в функции `quote_literal_cstr()` (Хейкки Линнакангас)

Этот выход имел место только если входная строка содержала исключительно апострофы и/или обратные косые черты.

- Предотвращение одновременного выполнения вызовов `pg_start_backup()` и `pg_stop_backup()` (Микаэль Пакье)

Это предупреждает сбой проверки истинности и, вероятно, худшие последствия, в случае, если кто-то попытается запустить эти функции параллельно.

- Отключение трансформации, которая пыталась оптимизировать бесполезные преобразования `AT TIME ZONE` (Том Лейн)

Вследствие этого выдавались неверные результаты, когда упрощённое выражение использовалось в условии индекса.

- Сохранение приведений `interval-в-interval`, которые на самом деле несут смысловую нагрузку (Том Лейн)

В некоторых случаях приведения, которые должны были обнулять младшие поля значений `interval`, ошибочно считались бессмысленными и просто убирались. В результате, например, при приведении значения типа `INTERVAL MONTH` к `INTERVAL YEAR` поле месяцев не обнулялось.

- Исправление ошибок при передаче значений параметров GUC параллельным исполнителям (Микаэль Пакье, Том Лейн)
- Аннулирование кешированных планов при изменениях в параметрах сторонних таблиц (Амит Ланготе, Эцуро Фудзита, Ашутосх Бапат)
- Исправление `pg_dump` для корректной выгрузки пользовательских приведений и преобразований, использующих встроенные функции (Стивен Фрост)
- Реализация более разумного поведения `pg_restore` с `--create --if-exists` в случаях, когда архив содержит нераспознанные команды `DROP` (Том Лейн)

Это не устраняет никакую наблюдаемую ошибку, но может улучшить поведение в будущем, при использовании `pg_restore` с архивом, созданным предыдущей версией `pg_dump`.

- Исправление ограничения нагрузки `pg_basebackup` при низкой скорости ввода/вывода (Антонин Хоуска)

Если скорость диска на время оказывалась ниже заданного ограничения, в вычислении происходило переполнение, и в результате ограничение отключалось до конца операции.

- Обеспечение корректной работы `pg_basebackup` с подкаталогами `pg_stat_tmp` и `pg_replslot`, являющимися символическими ссылками (Магнус Хагандер, Микаэль Пакье)
- Предотвращение возможного сбоя `pg_basebackup` на резервном сервере при задействовании файлов WAL (Амит Капила, Роберт Хаас)
- Исправление возможного дефекта при обработке развёрнутых массивов в ограничениях-проверках доменов и в конструкциях `CASE` (Том Лейн)

Существовала вероятность, что функция PL/pgSQL, вызванная в этих контекстах, изменит или даже удалит значение массива, которое должно сохраняться для дополнительных операций.

- Исправление рекурсивного вызова функций PL/pgSQL в таких контекстах, как проверки ограничений домена, выполняемые при присвоении значения переменной PL/pgSQL (Том Лейн)
- Обеспечение правильного учёта объектов исключений Python, создаваемых нами для PL/Python, счётчиками использования (Рафа де ла Торре, Том Лейн)

Это предотвращает ошибки, возникавшие при использовании объектов после цикла уборки мусора в Python.

- Исправление в PL/Tcl поддержки триггеров для таблиц, в которых имеется столбец `.tupno` (Том Лейн)

Это соответствует (ранее недокументированному) поведению команд PL/Tcl `spi_exec` и `spi_execsp`, в том, что особый столбец `.tupno` добавляется, только если отсутствует настоящий с таким именем.

- В файлах `~/.pgpass` должны допускаться завершения строк в стиле DOS, даже на Unix-платформах (Вик Фиринг)

Это изменение упрощает использование одних и тех же файлов паролей на машинах с Unix и Windows.

- Устранение выхода на один байт за границу буфера, когда `esrg` передаётся имя файла, которое заканчивается точкой (Такаюки Цунакава)
- Исправление в `psql` дополнения табуляцией для команды `ALTER DEFAULT PRIVILEGES` (Жиль Даролд, Стивен Фрост)
- В `psql` пустое или содержащее только пробелы значение переменной окружения `PAGER` должно означать «без постраничника» (Том Лейн)

Ранее с таким значением вывод, предназначенный для постраничника, просто исчезал.

- Улучшение в `contrib/dblink` передачи сообщений о низкоуровневых ошибках `libpq`, например, о нехватке памяти (Джо Конвей)
- Реализация `contrib/dblink` должна игнорировать невоспринимаемые ей параметры сервера, когда в качестве источника параметров подключения используется сторонний сервер `contrib/postgres_fdw` (Кори Хинкер)

Ранее, если объект стороннего сервера имел параметры, которые не относились к параметрам подключения `libpq`, происходила ошибка.

- Исправление проблем с переносимостью в функциях `contrib/pageinspect`, связанных с индексами GIN (Питер Эйзенштаут, Том Лейн)
- В Windows изменённые переменные окружения должны передаваться и отладочным DLL (Кристина Ульрих)
- Синхронизация нашей копии библиотеки `timezone` с выпущенной IANA версией `tzcode2016j` (Том Лейн)

Это решило ряд проблем; в частности, проблему при установке данных о часовых поясах в каталог, в котором не поддерживаются жёсткие ссылки.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016j`, включающее изменения правил перехода на летнее время на Северном Кипре (добавление нового пояса `Asia/Famagusta`), в России (добавление нового пояса `Europe/Saratov`), в Тонга и в Антарктике/Кейси, плюс корректировку исторических данных для Италии, Казахстана, Мальты и Палестины. Переход к предпочитаемому числовому обозначению пояса для Тонга.

Е.32. Выпуск 9.5.5

Дата выпуска: 2016-10-27

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.4. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.32.1. Миграция на версию 9.5.5

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если в вашей инсталляции проявилась ошибка, описанная в первой записи следующего списка изменений, после обновления вам может потребоваться предпринять дополнительные действия для исправления испорченных карт свободного места.

Также, если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.2, см. Раздел Е.35.

Е.32.2. Изменения

- Корректировка записи в WAL отметки об очистке карт свободного пространства и видимости (Паван Деоласи, Хейкки Линнакангас)

Ранее могло получаться так, что эти файлы не восстанавливались корректно при восстановлении после сбоя или оказывались неправильными на резервном сервере. Обращение к недействительному содержимому карты свободного пространства могло повлечь попытки использовать страницы, которые были стёрты из самого отношения, что обычно приводило к ошибкам типа «не удалось прочитать блок xxx: прочитано только 0 из 8192 байт». Также были возможны нарушения контрольных сумм в карте видимости, при включённом механизме контрольных сумм.

Процедуры для определения наличия проблемы и её исправления рассматриваются в https://wiki.postgresql.org/wiki/Free_Space_Map_Problems.

- Исправление некорректного создания в WAL записей, относящихся к индексам GIN, на машинах с порядком байт от старшего (Том Лейн)

Типичным симптомом данной проблемы были ошибки «unexpected GIN leaf action» (неожиданное действие на уровне листьев GIN) при воспроизведении WAL.

- Исправление команды `SELECT FOR UPDATE/SHARE`, чтобы кортежи, изменённые впоследствии прерванной транзакцией, блокировались корректно (Альваро Эррера)

Начиная с версии 9.5, команда `SELECT` иногда могла вообще не выдавать такие кортежи. Подтверждений того, что это могло иметь место в предыдущих версиях, не было, но теоретически при одновременных изменениях это возможно.

- Исправление перепроверок `EvalPlanQual` в ситуациях со сканированием CTE (Том Лейн)

Перепроверка всегда воспринимала такие CTE, как не возвращающие строки, в результате чего обычно не удавалось изменить строки, которые были изменены недавно.

- Исправлено удаление спекулятивно добавленных кортежей `TOAST` при выходе из `INSERT ... ON CONFLICT` (Оскар Сааренмаа)

В условиях гонки, когда две транзакции пытаются вставить конфликтующие кортежи, в проигравшей транзакции происходила ошибка «попытка удаления невидимого кортежа», если при добавлении вставлялись поля `TOAST`.

- Предотвращение ошибок сериализации при операции добавлении данных, конфликтующей с собой же, в `INSERT ... ON CONFLICT` (Томас Мунро, Питер Геохеган)
- Исправление некорректного повторения предыдущих результатов агрегирования по хешу в подзапросе (Эндрю Гирт)

Проверка возможности повторного использования ранее вычисленной хеш-таблицы со значениями состояния агрегата не учитывала то, что в выражении агрегируемого аргумента могла фигурировать ссылка на внешний запрос. В этом случае изменение в значении этой ссылки должно было приводить к пересчёту хеш-таблицы, но этого не происходило.

- Ликвидирована утечка памяти на протяжении запроса в массовой команде `UPDATE` для таблицы с индексом `PRIMARY KEY` или `REPLICA IDENTITY` (Том Лейн)
- Исправление `COPY` со списком имён столбцов из таблицы, в которой включена защита на уровне строк (Адам Брайтвелл)
- Исправление `EXPLAIN`, чтобы она выдавала корректный XML, когда параметр `track_io_timing` включён (Маркус Винанд)

Ранее вывод в формате XML содержал синтаксически некорректные теги, как например `<I/O-Read-Time>`. Сейчас выдаётся такой тег: `<I-O-Read-Time>`.

- Подавление вывода нулей для неизмеренного времени в `EXPLAIN` (Максим Милютин)

При определённом сочетании параметров команда `EXPLAIN` выдавала нулевые значения для того времени, которое на самом деле даже не замеряется при этих параметрах. Мы придерживаемся политики не выдавать такие поля в выводе `EXPLAIN`, так что нужно обеспечить согласованность во всех случаях.

- Исправление обновления статистики при `TRUNCATE` в подготовленной транзакции (Стас Кельвич)
- Исправление длительности таймаута, установленного для ожидания командой `VACUUM` исключительной блокировки, чтобы она могла опустошить таблицу (Саймон Риггс)

Длительность таймаута должна была составлять 50 миллисекунд, но на самом деле это было лишь 50 микросекунд, в результате чего команда `VACUUM` оставляла попытку опустошить таблицу гораздо раньше, чем планировалось. Теперь устанавливается запланированное значение.

- Исправление ошибок при объединении наследуемых ограничений `CHECK` в процессе создания или изменения структуры таблицы (Том Лейн, Амит Ланготе)

Теперь одинаковые ограничения `CHECK` могут добавляться в родительскую и дочернюю таблицу в любом порядке. С другой стороны, слияние проверенного ограничения из родительской таблицы с непроверенным (`NOT VALID`) ограничением в дочерней не должно допускаться. Подобным образом, не должно допускаться слияние дочернего ненаследуемого (`NO INHERIT`) ограничения с наследуемым.

- Вывод разумного значения в `pg_settings.unit` для параметров `min_wal_size` и `max_wal_size` (Том Лейн)
- Ликвидация искусственных ограничений на значения, принимаемые функциями `numeric_in()` и `numeric_recv()` (Том Лейн)

Мы принимаем числовые значения, не превышающие предела хранения (больше `1e1000000`), поэтому кажется довольно неразумным, что `numeric_in()` не принимала в научной записи экспоненты больше 1000. Также нет смысла не принимать в `numeric_recv()` более 1000 цифр во вводимом значении.

- Предотвращение очень маловероятного повреждения данных в результате проверки видимости кортежа без удержания блокировки буфера (Томас Мурро, Питер Геохеган, Том Лейн)
- Сохранение времени фиксирования транзакций после перезагрузки сервера (Жульен Рухо, Крейг Рингер)

При включённом параметре `track_commit_timestamp` старые метки времени фиксации становились недоступными после полной перезагрузки сервера.

- Исправление логического декодирования WAL в случаях, когда вывод WAL из подтранзакции оказывался слишком большим и вымещался на диск (Андрес Фройнд)
- Исправление возможной ошибки сортировки при прекращении использования сокращённых ключей (Питер Геохеган)

В худшем случае это могло приводить к повреждению индекса-B-дерева, что потребует перестроить его с помощью команды `REINDEX`. Но, как нам представляется, такие ситуации очень редки.

- Ликвидация утечки дескриптора файла, имевшей место при опустошении временного отношения размером более 1 Гбайта (Андрес Фройнд)
- Запрещение запуска самостоятельного обслуживающего процесса при включённом режиме `standby_mode` (Микаэль Пакье)

Такой режим не будет ничем полезен, так как никакой процесс-приёмник WAL не сможет получать данные WAL; и это может привести к некорректному поведению кода, который не рассчитан на такую ситуацию.

- Исправление инициализации состояния слота репликации при повторном использовании слота (Микаэль Пакье)

В результате того, что не все поля слота сбрасывались, команда `VACUUM` могла не удалять «мёртвые» кортежи.

- Округление размера запроса разделяемой памяти до числа, кратного размеру огромной страницы, когда огромные страницы используются в Linux (Том Лейн)

Это позволяет избежать возможных сбоев в `munmap()` в системах с нетипичными размерами огромных страниц. За исключением случаев краха, эти сбои проявлялись только в сообщениях в журнале.

- Выбор более случайного значения для идентификатора управляющего сегмента динамической разделяемой памяти (Роберт Хаас, Том Лейн)

Ранее каждый раз выбиралось одно и то же значение, потому что оно получалось из `random()`, но `srandom()` к этому моменту ещё не вызывалась. Это относительно безвредно, однако планировалось другое поведение.

- В Windows нужно повторять попытку создания управляющего сегмента динамической разделяемой памяти после ошибки «нет доступа» (Кётаро Хоригути, Амит Капила)

Иногда Windows выдаёт ошибку `ERROR_ACCESS_DENIED` вместо `ERROR_ALREADY_EXISTS`, когда такой сегмент уже существует. Получая такую ошибку, главный процесс не мог запуститься, считая, что столкнулся с неисправимой ошибкой.

- Исправление в PL/pgSQL поведения с параметрами и локальными переменными типов `int2vector` и `oidvector` (Том Лейн)
- Не пытаться разделять контекст SSL между несколькими подключениями в `libpq` (Хейкки Линнакангас)

Такое разделение приводило к разнообразным ошибкам, особенно при попытке использования различных параметров SSL для разных соединений.

- Предотвращение утечек памяти в особых случаях в `libpq` (Том Лейн)

Поступило сообщение об утечке в процессе `PQreset()`, но были возможны проявления и в связанных случаях.

- Согласование поведения параметров `--help` и `--version` программы `esrg` со всеми остальными нашими программами (Харибабу Комми)
- Исправление расчёта средней задержки в `pgbench` (Фабьен Коэльо)

Этот расчёт был неверным при наличии в скрипте команд `\sleep` или когда длительность теста ограничивалась числом транзакций, а не общим временем.

- В `pg_upgrade` проверка загрузаемости библиотек должна производиться по порядку имён (Том Лейн)

Это обходное решение проблемы зависимостей между расширениями, образуемых связями модулей трансформации языков с базовыми модулями самих языков и типов данных.

- Программа `pg_dump` никогда не должна выгружать функции-конструкторы диапазонов (Том Лейн)

В результате такой выгрузки программа `pg_upgrade` не могла справиться с расширениями, включающими диапазонные типы, пытаясь дважды создать их функции-конструкторы.

- При запуске `pg_dump` с ключом `-c` должно подавляться предложение `TABLESPACE` команды `CREATE DATABASE`, если указан ключ `--no-tablespaces` (Том Лейн)
- Исправление работы `pg_recvlog` с ключом `--synchronous` без слотов (Габриэль Бартолини)
- Недопущение одновременного указания аргументов `--source-server` и `--source-target` для `pg_rewind` (Михаэль Банк)
- Программа `pg_rewind` должна отключать `synchronous_commit` в своём сеансе на исходном сервере (Михаэль Банк, Микаэль Пакье)

При этом `pg_rewind` сможет работать, даже когда на исходном сервере настроена синхронная репликация, но она по какой-то причине не функционирует.

- В `pg_xlogdump` нужно повторять попытку открыть новый сегмент WAL, когда используется параметр `--follow` (Магнус Хагандер)

Это позволяет справиться с возможной задержкой при создании сервером следующего сегмента.

- Исправление программы `pg_xlogdump`, чтобы она корректно работала с файлом WAL, начинающимся с записи продолжения, располагающейся на нескольких страницах (Паван Деоласи)
- Исправление `contrib/pg_buffercache` для работы со значением `shared_buffers`, превышающим 256 Гбайт (КайГай Кохэй)
- Исправление скрипта `contrib/intarray/bench/bench.pl`, чтобы он выводил результаты команды `EXPLAIN`, которую он выполняет при запуске с ключом `-e` (Даниэль Густафссон)
- Поддержка OpenSSL 1.1.0 (Хейкки Линнакангас)
- Внедрение инфраструктуры тестирования TAP, чтобы её можно было применять для тестирования расширений (Крейг Рингер)

Когда PostgreSQL конфигурируется с параметром `--enable-tap-tests`, теперь команда «make install» будет устанавливать файлы поддержки Perl для тестирования TAP туда, где PGXS сможет найти их. Благодаря этому внешние расширения смогут использовать `$(prove_check)` без дополнительных проверок.

- В сборках MSVC программа `pg_recvlogical` включена в клиентский набор (MayMay)
- Корректировка сопоставления часовых поясов в Windows, чтобы сервер корректно распознавал имена часовых поясов, появившиеся в последних версиях Windows (Микаэль Пакье)
- Предупреждение ошибок при использовании устаревших аббревиатур динамических часовых поясов (Том Лейн)

Если аббревиатуре динамического часового пояса не соответствует запись в данных часового пояса, считать её равнозначной имени часового пояса. Это предупреждает неожиданные ошибки, когда IANA удаляет аббревиатуры из своей базы данных часовых поясов, что произошло в выпуске `tzdata 2016f` и, вполне вероятно, повторится в будущем. Вследствие этого не

только не распознавались отдельные аббревиатуры; при любом расхождении происходил сбой в представлении `pg_timezone_abbrevs`.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016h`, включающее изменение правил перехода на летнее время в Палестине и Турции, а также исторические изменения для Турции и некоторых регионов России. Переход к числовым аббревиатурам для некоторых часовых поясов в Антарктике, бывшем Советском Союзе и на Шри-Ланке.

Ранее в базе данных часовых поясов IANA предоставлялись текстовые аббревиатуры для всех часовых поясов и иногда при этом указывались аббревиатуры, которые практически не употреблялись местным населением. Сейчас происходит процесс ухода от этой практики в пользу использования числовых смещений UTC в тех часовых поясах, где нет никаких свидетельств реального использования английской аббревиатуры. Как минимум на данном этапе, PostgreSQL продолжит принимать удалённые аббревиатуры при вводе дат/времени. Но они не будут видны при просмотре представления `pg_timezone_names` и не будут выводиться с датами/временем.

Начиная с этого выпуска, аббревиатура `AMT` более не считается занятой часовым поясом Армении. Поэтому мы изменили значение этой аббревиатуры по умолчанию, чтобы она обозначала Амазонское время (Amazon Time), так что теперь она означает UTC-4, а не UTC+4.

Е.33. Выпуск 9.5.4

Дата выпуска: 2016-08-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.3. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.33.1. Миграция на версию 9.5.4

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.2, см. Раздел Е.35.

Е.33.2. Изменения

- Исправление некорректного вычисления вложенных выражений `CASE-WHEN` (Хейкки Линнакангас, Микаэль Пакье, Том Лейн)

Выражение `CASE`, фигурирующее в подвыражении проверки другого выражения `CASE`, могло некорректно оценивать, отличается ли его собственное проверяемое значение от `NULL`. Кроме того, встраивание SQL-функции, реализующей оператор равенства, который используется выражением `CASE`, может привести к передаче неправильного проверяемого значения функциям, вызываемым в выражении `CASE` в теле функции SQL. Если же проверяемые значения оказываются разных типов, возможен сбой; более того, это может эксплуатироваться для несанкционированного чтения областей памяти сервера. (CVE-2016-5423)

- Корректировка в клиентских программах обработки специальных символов в именах ролей и баз данных (Ной Миш, Натан Боссарт, Микаэль Пакье)

Программа `vacuumdb` и другие клиентские утилиты во многих местах могли некорректно воспринимать имена ролей и баз данных, включающие кавычки или обратную косую черту. Теперь проверки ужесточены во избежание рисков. Также, когда этим программам вместо имени базы передаётся строка подключения, она обрабатывается должным образом.

Приведение в соответствие с документацией правил обработки пар двойных кавычек в командах `psql \connect` и `\password`.

Введение нового параметра `-reuse-previous` для команды `psql \connect`, позволяющего явно указывать, должны ли повторно использоваться параметры предыдущего подключения. (Без данного параметра это, как и раньше, зависит от того, похоже ли имя базы данных на стро-

ку подключения.) Это позволяет безопасно оперировать с именами баз данных, содержащими специальные символы, в скриптах `pg_dumpall`.

`pg_dumpall` теперь не будет принимать имена ролей или баз данных, содержащие символы перевода строки или возврата каретки, так как безопасно экранировать эти символы в Windows не представляется практичным. В будущем мы можем запретить такие имена и на стороне сервера, но пока это не сделано.

Эти коррективы считаются исправлениями уязвимостей, так как, сконструировав имена объектов специальным образом (используя спецсимволы), можно было сформировать произвольные команды, которые выполнятся с правами суперпользователя, когда суперпользователь будет выполнять `pg_dumpall` или другие операции обслуживания базы. (CVE-2016-5424)

- Исправление некорректного в особых случаях поведения проверок `IS NULL/IS NOT NULL`, применяемых к вложенным составным значениям (Эндрю Гирт, Том Лейн)

В стандарте SQL говорится, что проверка `IS NULL` должна возвращать `TRUE` для строки со всеми значениями `NULL` (то есть `ROW(NULL, NULL) IS NULL` выдаёт `TRUE`), но это не должно действовать рекурсивно (то есть, `ROW(NULL, ROW(NULL, NULL)) IS NULL` выдаёт `FALSE`). В основном исполнителе это реализовано правильно, но при некоторых оптимизациях планировщика эта проверка рассматривалась как рекурсивная (и `TRUE` выдавалось в обоих случаях), кроме того, обёртка `contrib/postgres_fdw` тоже могла выдавать удалённые запросы с подобным некорректным поведением.

- Исправление ошибки «unrecognized node type» (нераспознанный тип узла) при `INSERT ... ON CONFLICT` в рекурсивном CTE (элементе `WITH`) (Питер Геохеган)
- Исправление в `INSERT ... ON CONFLICT` сопоставления предикатов или выражений индексов, которые были упрощены планировщиком на стадии предобработки выражений (Том Лейн)
- Правильная обработка нарушений ограничений-исключений, которые применяются к целевой таблице команды `INSERT ... ON CONFLICT`, но не являются решающими индексами (Том Лейн)

В таких случаях должна выдаваться обычная ошибка нарушения ограничения, но вместо этого код попадал в бесконечный цикл.

- Исправление `INSERT ... ON CONFLICT`, чтобы при наличии в целевой таблице уникального индекса по `OID` не происходила ошибка (Том Лейн)
- Недопущение для типов данных `inet` и `cidr` входных адресов IPv6 со слишком большим количеством разделённых двоеточиями полей (Том Лейн)
- Предотвращение сбоя в `close_ps()` (операторе `point ## lseg`) для входных координат `NaN` (Том Лейн)

В таких случаях должен просто возвращаться `NULL`.

- Предотвращение сбоя в функции `pg_get_expr()`, когда ей передаются несогласованные значения (Микаэль Пакье, Томас Мунро)
- Исправление в нескольких местах выхода на один байт за границу буфера в `to_number()` (Питер Эйзентраут)

В некоторых случаях функция `to_number()` могла читать из входной строки на один символ больше, чем нужно. Это создавало небольшой риск сбоя в случае расположения входной строки у края блока памяти.

- Планировщик не должен запускаться для запроса, заданного в операторе `CREATE MATERIALIZED VIEW` или `CREATE TABLE AS` с указанием `WITH NO DATA` (Микаэль Пакье, Том Лейн)

Это предотвращает некоторые лишние условия ошибки, например, когда стабильная функция, вызываемая материализованным представлением, зависит от ещё не существующей таблицы.

- Ликвидация небезопасного промежуточного состояния при выполнении `heap_update()` по сложному пути (Масахико Савада, Андрес Фройнд)

Ранее в особых случаях целевой кортеж блокировался (путём изменения его XMAX), но это действие не отражалось в журнале, что могло угрожать целостности данных, если страница вымещалась на диск, а затем, до завершения изменения кортежа, происходил сбой базы.

- Исправление обновления вспомогательных битов при воспроизведении из WAL операций блокирования строк (Андрес Фройнд)

Единственным известным последствием этой проблемы было то, что блокировки строк, удерживаемые подготовленной, но не зафиксированной транзакцией, могли теряться после сбоя и перезапуска сервера.

- Предотвращение неоправданных ошибок «could not serialize access» (не удалось сериализовать доступ) при получении блокировок строк `FOR KEY SHARE` в сериализуемом режиме (Альваро Эррера)
- «Развёрнутые» данные, возвращаемые узлом плана, должны быть доступны только для чтения (Том Лейн)

Это предотвращает сбои в некоторых случаях, когда результат нижнего узла плана неоднократно задействуется в верхних узлах. Если говорить о ядре PostgreSQL, риску подвержены только значения массивов, возвращаемые функциями PL/pgSQL; но расширения могут использовать развёрнутые данные и для других целей.

- Предупреждение сбоя в `postgres -C`, когда указанная переменная имеет пустое строковое значение (Микаэль Пакье)
- Предотвращение незапланированного ожидания приёмника в процессах, передающих WAL (Кётаро Хоригути)
- Исправление возможной потери больших подтранзакций при логическом декодировании (Петру-Флорин Миханча)
- Исправление сбоя логического декодирования, когда подтранзакция не содержит фактических изменений (Марко Тииккая, Эндрю Гирт)
- Предоставление обслуживающим процессам актуальной статистики по общим каталогам (Том Лейн)

Ранее сборщик статистики не мог обновлять файл статистики для общих каталогов по запросу от обычного обслуживающего процесса. Эта проблема была частично скрыта, так как процесс запуска автоочистки регулярно выдавал запросы, в результате которых такие обновления производились: однако она проявлялась при отключении автоочистки.

- Исключение ненужной записи в файлы статистики, когда несколько обслуживающих процессов запрашивают обновление один за другим (Том Лейн, Томаш Вондра)
- Исключение потребления лишнего ID транзакции во время `VACUUM` (Александр Коротков)

В некоторых случаях в процессе `VACUUM` текущей транзакции без необходимости присваивался XID. В обычных условиях это не критично, но если очистка выполняется для предотвращения заикливания идентификаторов транзакций, потребление дополнительных идентификаторов может привести к очень плохим последствиям.

- Предотвращение риска сбоя при очистке идентификаторов мультитранзакций в инсталляции, обновлённой (с помощью `pg_upgrade`) с версии старше 9.3 (Эндрю Гирт, Альваро Эррера)

Обычно этот дефект проявлялся в ошибках типа «MultiXactId *NNN* has not been created yet -- apparent wraparound» (MultiXactId %u ещё не был создан: видимо, произошло заикливание).

- Когда в запускаемой вручную команде `ANALYZE` задаётся список столбцов, не нужно сбрасывать счётчик `changes_since_analyze` целевой таблицы (Том Лейн)

Если мы анализируем только избранные столбцы, мы не должны предотвращать запуск процедуры автоанализа для других столбцов.

- Исправление ошибки в `ANALYZE` с завышением показателя `n_distinct` для столбца, содержащего уникальные или почти уникальные значения и вместе с тем множество `NULL` (Том Лейн)

Значения `NULL` могли учитываться как будто они сами являются уникальными, что приводило к серьёзным просчётам планировщика с запросами некоторых типов.

- Недопущение запуска при автоочистке нескольких рабочих процессов для одного общего каталога (Альваро Эррера)

Обычно это не представляет большой проблемы, так как очистка выполняется быстро; но если каталог очень сильно замусорен, это может привести к тому, что все рабочие процессы, кроме одного, будут бессмысленно ждать, вместо того, чтобы делать что-то полезное с другими таблицами.

- Исправление ошибки при обработке пометки/восстановления позиции в В-дереве (Кевин Гриттнер)

Вследствие этой ошибки могли выдаваться некорректные результаты соединения или ошибочные утверждения при соединении слиянием, в котором внутренним узлом оказывалось сканирование индекса-В-деревя.

- Предупреждение двойного освобождения блокировки буфера при отказе от попытки удаления страницы индекса-В-деревя (Том Лейн)

В результате этой ошибки процедура `VACUUM` не могла завершиться в некоторых случаях при наличии проблем с индексами-В-деревьями.

- Исправление ошибки при построении больших (больше `shared_buffers`) хеш-индексов (Том Лейн)

В коде, работающем с большими индексами, обнаружилась ошибка, приводящая к добавлению в индекс некорректных хеш-значений, так что последующий поиск по индексу всегда был безуспешным, кроме случаев, когда кортежи вставлялись в индекс уже после его создания.

- Предотвращение бесконечного цикла при построении индексов `GiST` для геометрических столбцов с составными значениями, содержащими `NaN` (Том Лейн)
- Предупреждение сбоя при сканировании с поиском ближайших соседей (упорядоченного (`ORDER BY`) по расстоянию) по индексу `contrib/btree_gist`, построенному по столбцу `interval` (Питер Геохеган)
- Исправление ошибки «PANIC: failed to add BRIN tuple» (ПАНИКА: не удалось добавить кортеж `BRIN`), возникавшей при попытке изменить элемент индекса `BRIN` (Альваро Эррера)
- Предупреждение возможных сбоев при остановке фонового рабочего процесса (Дмитрий Иванов)
- Исправление поведения в `PL/pgSQL` предложения `INTO` внутри команд `IMPORT FOREIGN SCHEMA` (Том Лейн)
- Исправление кода `contrib/btree_gin`, чтобы он корректно выдавал наименьшее возможное значение `bigint` (Питер Эйзентраут)
- Наделение `libpq` способностью корректно декодировать версию сервера по схеме нумерации, которая вскоре будет принята (Питер Эйзентраут)

Для выпусков после 9.6 планируется перейти на нумерацию версий по схеме с двумя, а не тремя компонентами. Поэтому нужно, чтобы `PQserverVersion()` возвращала правильное значение с такой нумерацией.

- Исправление в `esrg` кода обработки элементов массива `unsigned long long` (Михаэль Мескес)
- В `pg_dump` с одновременно заданными ключами `-c` и `-C` не должна выдаваться команда `CREATE SCHEMA public` (Дэвид Джонсон, Том Лейн)
- Улучшение обработки `SIGTERM/control-C` в параллельном режиме `pg_dump` и `pg_restore` (Том Лейн)

Обеспечение своевременного завершения рабочих процессов и передачи команд отмены запросов в подключённые рабочие процессы, в случае, если они выполняют какие-либо длительные операции, например `CREATE INDEX`.

- Корректировка выдачи ошибок в параллельном режиме `pg_dump` и `pg_restore` (Том Лейн)

Ранее ошибки, выдаваемые рабочими процессами `pg_dump` или `pg_restore`, могли никогда не достигать консоли пользователя, так как они проходили через главный процесс, и были возможны различные сценарии взаимоблокировки, когда главный процесс не мог передавать сообщения. Теперь вместо этого всё будет просто выводиться в `stderr`. В некоторых случаях при этом возможны повторы сообщений (например, когда все рабочие процессы сообщают об отключении главного), но это представляется лучшим вариантом, чем терять сообщения.

- Обеспечение корректного отключения параллельных процессов `pg_dump` и `pg_restore` в Windows в случае ошибки (Кётаро Хоригути)

Ранее процесс выдавал ошибку, но затем просто оставался в памяти, пока пользователь не останавливал его вручную.

- Параллельный `pg_dump` должен завершаться штатно при попытке подключения к резервному серверу (Магнус Хагандер)

Такое использование не поддерживается (если только не применяется `--no-synchronized-snapshots`), но эта ошибка не обрабатывалась должным образом.

- Улучшение поведения `pg_dump` при сборке без поддержки `zlib` (Кётаро Хоригути)

С такой сборкой не работала корректно параллельная выгрузка, а в других случаях выдавались довольно бессмысленные предупреждения.

- Добавление для `pg_basebackup` параметра `-Z 0`, позволяющего отключить сжатие (Фудзии Макао)
- Корректировка в `makefile` правила для безопасной сборки разделяемых библиотек AIX в параллельном режиме (Ной Миш)
- Исправление тестов TAP и скриптов MSVC для работы с каталогом сборки, путь к которому содержит пробелы (Микаэль Пакье, Кётаро Хоригути)
- Более предсказуемое поведение в выборе ошибки «statement timeout» (тайм-аут оператора) или «lock timeout» (тайм-аут блокировки) (Том Лейн)

В сильно загруженных системах регрессионные тесты иногда выдавали ошибку «lock timeout» (тайм-аут блокировки), хотя прежде этого должен был случиться тайм-аут оператора.

- Адаптация регрессионных тестов к датской и валлийской локалям (Джефф Джейнс, Том Лейн)

Изменены некоторые тестовые данные, с которыми в этих локалях действовали необычные правила сортировки.

- Приведение нашей копии кодов часовых поясов в соответствие с выпущенной IANA версией `tzcode 2016c` (Том Лейн)

Это необходимо для принятия ожидаемых в будущем изменений в файлах данных часовых поясов. Также это решает некоторые редкие проблемы при работе с необычными часовыми поясами.

- Обновление данных часовых поясов до версии tzdata 2016f, включающее новые правила перехода на летнее время в Кемерове и Новосибирске, а также корректировку исторических данных для Азербайджана, Белоруссии и Марокко.

Е.34. Выпуск 9.5.3

Дата выпуска: 2016-05-12

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.2. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.34.1. Миграция на версию 9.5.3

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако если вы обновляете сервер с более ранней версии, чем 9.5.2, см. Раздел Е.35.

Е.34.2. Изменения

- Очередь ошибок OpenSSL должна очищаться перед вызовом функций OpenSSL (не следует полагать, что она уже очищена); мы также должны обязательно очищать её после вызова (Питер Геохеган, Дэйв Витек, Питер Эйзенраут)

Это изменение предотвращает проблемы, возникающие, когда несколько подключений используют OpenSSL в одном процессе и не весь участвующий в этом код очищает очередь ошибок по одним правилам. В частности, возникали ошибки, когда клиентское приложение использовало SSL-подключения через libpq одновременно с SSL-подключениями, устанавливаемыми обёртками PHP, Python или Ruby для OpenSSL. Подобные проблемы могли иметь место и на сервере, если модуль расширения устанавливал исходящее SSL-подключение.

- Исправление ошибки планировщика «не удалось построить N -стороннее соединение» с полным соединением, заключённым в правой части левого соединения (Том Лейн)
- Исправление некорректной обработки проверок класса эквивалентности в планах с многоуровневыми вложенными циклами (Том Лейн)

С классом эквивалентности переменных с тремя или более элементами, например $x.x = y.y = z.z$, планировщик мог опустить некоторые проверки, необходимые, чтобы удостовериться, что все переменные действительно равны, в результате чего выдавались строки соединения, не удовлетворяющие предложениям WHERE. По ряду причин некорректные планы редко выбирались на практике, поэтому эта ошибка оставалась необнаруженной долгое время.

- Исправление ошибок анализатора запроса в особых случаях при включённом параметре `operator_precedence_warning` (Том Лейн)

Например, запрос `SELECT (ARRAY[])::text[]` давал ошибку, хотя без скобок он работал.

- Ликвидирована утечка памяти на протяжении запроса при сканировании индекса GIN (Жульен Рухо)
- Ликвидирована утечка памяти на протяжении запроса и угроза повреждения индекса при добавлении в индекс GIN (Том Лейн)

Эта утечка памяти обычно ни на что не влияла в простых запросах, но могла быть очень существенной при построении большого индекса GIN с большим значением `maintenance_work_mem`.

- Исправление возможного некорректного поведения кодов формата TH, th и Y,YYY в `to_timestamp()` (Том Лейн)

С этими кодами был возможен выход за конец строки, в результате чего последующие коды формата читали мусор.

- Исправление вывода правил и представлений, в которых аргумент *массив* в конструкции *значение оператор ANY (массив)* представляет собой вложенный SELECT (Том Лейн)

- Запрет на использование символов новой строки в значениях параметров `ALTER SYSTEM` (Том Лейн)

При разборе файла конфигурации строки, содержащие символы новой строки, не принимаются, поэтому мы не должны допускать их в значениях, вставляемых командой `ALTER SYSTEM`.

- Исправление поведения `ALTER TABLE ... REPLICA IDENTITY USING INDEX` в случае, когда выбирается индекс по OID (Дэвид Роули)
- Исключение возможного некорректного поведения в случае неудачи при удалении символической ссылки табличного пространства (Том Лейн)
- Исправление сбоя при логическом декодировании на платформах, чувствительных к выравниванию (Том Лейн, Андрес Фройнд)

Этот сбой происходил, когда транзакция была достаточно большой, чтобы оказаться на диске, и в ней происходило изменение первичного ключа.

- Исключение повторных обращений за ответом к приёмнику журнала при завершении процесса `walsender` (Ник Клитон)
- Использование в `pg_regress` тайм-аута запуска из переменной окружения `PGCTLTIMEOUT`, если она задана (Том Лейн)

Это поведение согласуется с тем, что было недавно введено в `pg_ctl`; возможность задать тайм-аут облегчает автоматизированное тестирование на медленных машинах.

- Исправление ошибки в `pg_upgrade`, из-за которой не восстанавливалось членство семейства операторов, содержащего всего один класс операторов, в расширении (Том Лейн)

В таких случаях семейство операторов восстанавливалось в новую базу, но переставало быть частью расширения. Это не приводило немедленно к негативным эффектам, но с выводом, выдаваемым впоследствии утилитой `pg_dump`, при восстановлении возникали ошибки (безвредные).

- Исправление ошибки в `pg_upgrade`, приводившей к сбою, когда правила `TOAST` в новом кластере отличались от старых (Том Лейн)

В `pg_upgrade` был специальный код для обработки ситуации, когда новая версия PostgreSQL считала, что у таблицы должна быть дополнительная таблица `TOAST`, а старая версия считала по-другому. Этот код был нерабочим, поэтому его следует удалить и ничего не делать в таких случаях; похоже, что нет никаких причин полагать, что мы не сможем обойтись без таблицы `TOAST`, если это было возможно по правилам старой версии.

- Исправление атомарных операций в коде для PPC, генерируемом компилятором IBM XLC (Ной Миш)
- Уменьшение числа семафоров SysV, задействуемых сборкой, полученной с ключом `--disable-spinlocks` (Том Лейн)
- Переименование внутренней функции `strtoi()` в `strtoint()` во избежание конфликта с библиотечной функцией NetBSD (Томас Мунро)
- Исправление кодов ошибок, получаемых из системных вызовов `bind()` и `listen()` в Windows (Том Лейн)
- Уменьшение детализации вывода компилятора при сборке с Microsoft Visual Studio (Кристиан Ульрих)
- Поддержка сборки с Visual Studio 2015 (Микаэль Пакье, Петр Желинек)

Учтите, что сборки, произведённые с VS2015, не будут работать в версиях Windows, более ранних чем Windows Vista.

- Исправление `putenv()` для корректной работы с Visual Studio 2013 (Микаэль Пакье)

- Исключение потенциально небезопасного использования функции `FormatMessage()` в Windows (Кристиан Ульрих)

Использование флага `FORMAT_MESSAGE_IGNORE_INSERTS`, где это уместно. Сообщений о конкретных связанных с этим ошибках не было, но проявить осторожность представляется хорошей идеей.

- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016d`, включающее изменения правил перехода на летнее время в России и Венесуэле. Появились новые названия часовых поясов `Europe/Kirov` и `Asia/Tomsk`, отражающие тот факт, что в этих регионах история изменения часовых поясов отличается от соседних.

Е.35. Выпуск 9.5.2

Дата выпуска: 2016-03-31

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.1. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.35.1. Миграция на версию 9.5.2

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Однако вследствие изменения, идущего первым в следующем списке, для некоторых индексов может потребоваться выполнить `REINDEX`.

Е.35.2. Изменения

- Отключены сокращённые ключи при сортировке строк в локалях, отличных от `C` (Роберт Хаас)

В PostgreSQL 9.5 появилась логика ускорения сравнения строковых типов данных с применением стандартной функции библиотеки `C` `strxfrm()` вместо `strcoll()`. Сейчас обнаружилось, что в большинстве версий `glibc` (реализации библиотеки `C` для Linux) функция `strxfrm()` реализована с ошибками, то есть для некоторых локалей с ней получаются результаты сравнения строк, отличающиеся от `strcoll()`. Пока эта проблема не будет изучена глубже, такая оптимизация для всех локалей, отличных от `C`, отключается. (Локаль `C` от этого не зависит, так как она не использует ни `strcoll()`, ни `strxfrm()`.)

К сожалению, данная проблема затрагивает не только сортировку, но и упорядочивание записей в B-деревьях, а значит, индексы-B-деревья по столбцам типов `text`, `varchar` или `char` могут оказаться испорченными, если они сортировались с проблемной локалью и были построены или модифицированы версией PostgreSQL 9.5.0 или 9.5.1. Индексы, которые могли пострадать вследствие этой проблемы, следует перестроить (выполнив `REINDEX`).

В данный момент невозможно определить исчерпывающий список проблемных локалей. Известно, что с локалью `C` всё в порядке, и с локалями английского языка, например, `en_US`, тоже не замечено никаких проблем, но с некоторыми другими популярными локалями, например `de_DE`, поведение некорректно в большинстве версий `glibc`.

- Корректное сохранение статуса защиты на уровне строк в кешируемых планах (Стивен Фрост)

В сеансе, выполняющем запросы с разными ролями, из кеша планов может быть некорректно взят план, построенный для другой роли, что может привести к применению ошибочного набора политик, когда активна защита на уровне строк (RLS). (CVE-2016-2193)

- В некоторые новые функции `contrib/pageinspect` добавлены проверки суперпользователя (Андреас Зельтенрейх)

Большинство функций в расширении `pageinspect`, исследующие значения `bytea`, не допускают вызова обычными пользователями, но в `brin_page_type()` и `brin_metapage_info()` такие ограничения отсутствуют. Однако, передав им изошрённо сформированные значения `bytea`,

можно вызвать крах сервера или прочитать несколько байт памяти сервера. Поэтому были добавлены недостающие проверки во избежание подобных злоупотреблений. (CVE-2016-3065)

- Исправлено некорректное сравнение `ROW()` с применением индексов (Саймон Риггс)

Ошибки в небольшой оптимизации, введённой в 9.5, приводили к некорректным результатам, если при сравнении `ROW()` имело место частичное соответствие индексу, но не точное (например, когда порядок столбцов другой или в индексе есть столбцы с сортировкой и `ASC`, и `DESC`). Пока лучшее решение не найдено, эта оптимизация отключена.

- Исправлена некорректная обработка `NULL` в сравнениях `ROW()` с применением индексов (Том Лейн)

Поиск по индексу со сравнением строк вида `ROW(a, b) > ROW('x', 'y')` останавливался, доходя до элемента `NULL` в столбце `b`, игнорируя тот факт, что с последующими значениями `a` могут быть связаны значения `b`, отличные от `NULL`.

- Предотвращение маловероятных сценариев потери данных в случае переименования файлов без соответствующих вызовов `fsync()` до и после (Микаэль Пакье, Томаш Вондра, Андреас Фройнд)
- Исправлено некорректное поведение при перепроверке только что изменённой строки в запросе, выполняющем `SELECT FOR UPDATE/SHARE` и обращающемся к отношениям, которые не нужно блокировать (Том Лейн)

Строки из незаблокированных отношений некорректно воспринимались во время перепроверки как полностью содержащие `NULL`, что могло привести к неправильному выводу о том, что изменённая строка больше не удовлетворяет условию `WHERE`, или к выдаче `NULL` в результате.

- Исправлена ошибка в `json_to_record()`, возникавшая, когда поле входного объекта содержало вложенный объект с полем, имя которого совпадало с именем одного из запрошенных выходных столбцов (Том Лейн)
- Исправлен бессмысленный результат функции `jsonb_object()` в форме с двумя аргументами при вызове с пустыми массивами (Микаэль Пакье, Эндрю Дунстан)
- Исправлено некорректное поведение в `jsonb_set()` при преобразовании элемента массива путей в целое значение для использования в качестве индекса массива (Микаэль Пакье)
- Исправлено некорректное форматирование отрицательных смещений часовых поясов в функции `to_char()` с применением кода формата `OF` (Томас Мунро, Том Лейн)
- Исправлена некорректное протоколирование событий ожидания, имеющих место в `INSERT ... ON CONFLICT` (Питер Геохеган)

В выводимых сообщениях иногда отмечалось, что ожидание было вызвано ограничением-исключением, хотя такое ограничение было не при чём.

- Параметр `recovery_min_apply_delay` игнорируется, пока восстановление не достигло согласованного состояния (Микаэль Пакье)

Ранее, резервные серверы откладывали применение записей WAL, учитывая `recovery_min_apply_delay`, даже при воспроизведении начальной порции WAL, необходимой для приведения базы данных в рабочее состояние. Так как резервный сервер бесполезен, пока он не достиг согласованного состояния базы данных, это кажется напрасным.

- Корректная обработка ситуаций, когда `pg_subtrans` на грани заикливания XID при запуске сервера (Джефф Джейнс)
- Исправление разнообразных ошибок в логическом декодировании (Андреас Фройнд)

Проблемы возникали с кортежами больше одной страницы с вариантом идентификации реплики `FULL`, при выполнении команд `UPDATE`, изменяющих первичный ключ в транзакции, достаточно большой для выгрузки на диск, а также с некорректными ошибками «subxact logged

without previous toplevel record» (транзакция внесена в журнал без предыдущей записи верхнего уровня) и с некорректным выводом времени фиксирования транзакций.

- Исправлена ошибка планировщика, возникавшая с вложенными представлениями с барьерами безопасности, когда внешнее представление содержит предложение WHERE с коррелирующим подзапросом (Дин Рашид)
- Ликвидирована утечка памяти при поиске по индексу GIN (Том Лейн)
- Предотвращён крах в исключительной ситуации при попытке повторно освободить строки, выводимые localeconv() (Том Лейн)
- Исправлен разбор файлов аффиксов для словарей ispell (Том Лейн)

Код разбора мог работать неправильно, если файл аффиксов содержит символы, которые могут менять размер в байтах при преобразовании регистра, как например, символ İ в турецких локалях UTF8.

- Исключено использование sscanf() при разборе файлов словарей ispell (Артур Закиров)

Это устраняет проблему переносимости на платформы на базе FreeBSD (включая macOS).

- Исправление кода атомарных операций, генерируемого на PPC компилятором IBM xlc (Ной Миш)

Эта ошибка приводила к редким сбоям при параллельных операциях на этой платформе.

- Предотвращение сбоя на старых версиях Windows (до 7SP1/2008R2SP1) с процессором с поддержкой AVX2 и с Postgres, собранным компилятором Visual Studio 2013 (Кристиан Ульрих)

Это обходное решение проблемы в библиотеки выполнения Visual Studio 2013, которая, как заявили в Microsoft, не будет исправляться в этой версии.

- В psql исправлена логика завершения команд табуляцией с учётом особенностей многобайтных символов (Кётаро Хоригути, Роберт Хаас)
- В psql исправлено завершение табуляцией команды SECURITY LABEL (Том Лейн)

При нажатии TAB после ввода SECURITY LABEL мог произойти сбой или выдавались посторонние ключевые слова.

- Команда pg_ctl теперь принимает тайм-аут ожидания из переменной среды PGCTLTIMEOUT, если этот тайм-аут не задан в командной строке (Ной Миш)

Это упрощает тестирование более медленных узлов на ферме сборки, позволяя индивидуально задавать время, превышающее обычное, для запуска и завершения главного процесса (postmaster).

- Исправление ошибочной проверки состояния службы Windows в pg_ctl (Мануэль Матар)

В предыдущих корректирующих выпусках были попытки исправить pg_ctl, чтобы он правильно определял, нужно ли отправлять сообщения в журнал событий Window, но в итоге проверка оказалась противоположной.

- Исправлено поведение rgbench, чтобы сочетание параметров -C и -M prepared обрабатывалось корректно (Том Лейн)
- В pg_upgrade теперь пропускается создание скрипта удаления, когда новый каталог данных находится внутри старого (Брюс Момджян)

Выполнение этого скрипта «вслепую» в таких случаях приводило к потере нового каталога данных.

- В PL/Perl пустые массивы Postgres стали корректно переводиться в пустые массивы Perl (Алекс Хансакер)
- Код PL/Python адаптирован для работы с именами функций, не подходящими для идентификаторов Python (Джим Нэсби)

- Исправление ряда ошибок в статистике, возвращаемой функцией `pgstatindex()` из `contrib/pgstattuple` (Том Лейн)
- Ликвидация зависимости от `psed` в сборках с MSVC, так как ядро Perl больше не предоставляет её (Микаэль Пакье, Эндрю Дунстан)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016c`, включающее изменения правил перехода на летнее время в Азербайджане, Чили, на Гаити, в Палестине и России (в Алтайском крае, Астраханской, Кировской и Ульяновской областях, а также на Сахалине), плюс корректировку исторических данных для Литвы, Молдавии и России (для Калининграда, Самары и Волгограда).

Е.36. Выпуск 9.5.1

Дата выпуска: 2016-02-11

В этот выпуск вошли различные исправления, внесённые после версии 9.5.0. За информацией о нововведениях версии 9.5 обратитесь к Разделу Е.37.

Е.36.1. Миграция на версию 9.5.1

Если используется версия 9.5.X, выгрузка/восстановление базы не требуется.

Е.36.2. Изменения

- Исправлены проблемы с бесконечными циклами и переполнениями буфера в регулярных выражениях (Том Лейн)

С очень большими диапазонами символов в некоторых случаях можно было добиться бесконечного цикла, а в других — переполнения памяти. (CVE-2016-0773)

- Исправлено упущение, из-за которого в редких случаях при соединениях по хешу пропускалось соединение некоторых кортежей внутреннего отношения (Томаш Вондра, Том Лейн)
- Предотвращено проталкивание предложений `HAVING` в подзапросы, когда применяются наборы группирования (Эндрю Гирт)
- Исправление пересборки арбитра `ON CONFLICT` в предложении `WHERE` (Питер Геохеган)
- Спецкоды `%h` и `%r` в `log_line_prefix` стали работать в сообщениях, выдаваемых в режиме `log_connections` (Том Лейн)

Ранее `%h/%r` начинали работать только после того, как новый сеанс выдавал сообщение «connection received» (соединение получено); теперь они работают и для этого сообщения.

- Ликвидация утечки маркера в процессе аутентификации SSPI (Кристиан Ульрих)
- Исправлена команда `\det` в `psql`, чтобы она воспринимала шаблон, передаваемый ей в аргументе, так же, как другие команды `\d` с шаблонами, которые могут дополняться схемами (Рис Харт)
- Программа `pg_ctl` в Windows должна выбирать, куда направлять вывод, проверяя состояние службы, а не то, что устройство стандартного вывода является терминалом (Микаэль Пакье)
- Исправление разнообразных ошибок в исключительных случаях при обработке объектов-членов расширений в `pg_dump` (Том Лейн)
- Исправлено некорректное заключение в кавычки имён ограничений доменов в `pg_dump` (Элвис Пранскевичус)
- Теперь `pg_dump` помечает триггеры представления, чтобы они обрабатывались после правил, во избежание ошибок при параллельном `pg_restore` (Том Лейн)
- Внедрение в `pgbench` защиты от переполнения в исключительных случаях при вычислении заданных в скрипте операторов деления или взятия остатка (Фабьен Коэльо, Микаэль Пакье)

- Подавление бесполезного предупреждения при подключении `pg_receivexlog` к серверу версии до 9.4 (Марко Ненчарини)
- Решение проблем с выгрузкой/перезагрузкой данных при одновременном использовании `plpython2` и `plpython3` (Том Лейн)

В принципе можно использовать обе версии PL/Python в одной базе данных, но не в одном сеансе (так как две версии `libpython` нельзя безопасно использовать одновременно). Однако и `pg_restore`, и `pg_upgrade` в своей работе нарушают это ограничение одного сеанса. В качестве обходного решения изменено время проверки версий.

- Исправление регрессионных тестов PL/Python для совместимости с Python 3.5 (Питер Эйзен-траут)
- Недопущение установки определённых параметров PL/Java непривилегированными пользователями (Ной Миш)

Это изменение ликвидирует угрозу, связанную с уязвимостью в PL/Java (CVE-2016-0766), исправленной в PL/Java (эти параметры теперь доступны только суперпользователю). Чтобы ликвидировать угрозу безопасности для тех серверов PostgreSQL, которые обновляются чаще, чем PL/Java, это изменение внесено также в код ядра сервера.

- Исправление заголовочных файлов, поставляемых с `esrg`: в директиву препроцессора не должен включаться комментарий, продолжающийся в следующей строке (Михаэль Мескес)

Такой комментарий не принимается препроцессором `esrg`. Пока не вполне ясно, следует ли скорректировать сам `esrg`.

- Исправление в `hstore_to_json_loose()` проверки, можно ли преобразовать значение `hstore` в число JSON (Том Лейн)

Ранее эту функцию можно было ввести в заблуждение не алфавитно-цифровыми замыкающими символами, что приводило к формированию синтаксически некорректного JSON.

- В `contrib/postgres_fdw` исправлены ошибки, вызванные использованием `tableoid` в командах, модифицирующих данные (Эцуро Фудзита, Роберт Хаас)
- Исправлено некорректно введённое ограничение `NAMEDATALEN` 256 байтами (Роберт Хаас, Том Лейн)
- Улучшение воспроизводимости сборки путём обеспечения фиксированного порядка имён файлов, передаваемых компоновщику (Кристоф Берг)

Это устраняет возможные двоичные различия создаваемых исполняемых файлов от сборки к сборке.

- Включение `dynloader.h` в список устанавливаемых заголовочных файлов при сборке с MSVC (Брюс Момджян, Микаэль Пакье)
- Обновление данных часовых поясов до версии `tzdata 2016a`, включающее изменения правил перехода на летнее время на Каймановых островах, в Метлакалте и Забайкальском крае, плюс корректировку исторических данных для Пакистана.

Е.37. Выпуск 9.5

Дата выпуска: 2016-01-07

Е.37.1. Обзор

В число ключевых усовершенствований PostgreSQL 9.5 входят:

- Возможность превращать команды `INSERT`, вызывающие конфликты ограничений, в команды `UPDATE`, либо игнорировать их
- Добавление в `GROUP BY` аналитической функциональности: `GROUPING SETS`, `CUBE` и `ROLLUP`

- Добавление механизма защиты на уровне строк
- Создание механизмов для отслеживания прогресса репликации, включая средства идентификации источника отдельных изменений при логической репликации
- Добавление блочно-зональных индексов (BRIN)
- Существенное увеличение скорости сортировки
- Существенное увеличение производительности на многопроцессорных машинах

Предыдущие пункты более подробно описаны в следующих разделах.

Е.37.2. Миграция на версию 9.5

Тем, кто хочет мигрировать данные из любой предыдущей версии, необходимо выполнить выгрузку/загрузку данных с помощью `pg_dumpall` или воспользоваться `pg_upgrade`.

В версии 9.5 реализован ряд изменений, которые могут повлиять на совместимость с предыдущими выпусками. Рассмотрите следующие несовместимые аспекты:

- Изменение приоритета операторов в соответствии со стандартом SQL (Том Лейн)

Приоритет операторов `<=`, `>=` и `<>` был понижен до приоритета операторов `<`, `>` и `=`. Приоритет проверок `IS` (например, `x IS NULL`) был понижен и стал непосредственно ниже приоритета этих шести операторов сравнения. Также операторы из нескольких слов, начинающиеся с `NOT`, теперь имеют приоритет своего базового оператора (например, `NOT BETWEEN` теперь имеет тот же приоритет, что и `BETWEEN`), тогда как раньше их приоритет был несогласованным; они воспринимались как `NOT` по отношению к левому операнду, но при этом как базовый оператор по отношению к правому. Новый параметр конфигурации `operator_precedence_warning` даёт возможность получать предупреждения о запросах, в которых эти изменения приоритета приводят к другому результату разбора запроса.

- Смена в `pg_ctl` выбираемого по умолчанию режима отключения с `smart` на `fast` (Брюс Момджян)

Это означает, что теперь по умолчанию сервер будет принудительно прерывать существующие сеансы, а не просто ждать их завершения.

- Использование приведения присваивания для преобразований типов данных в присваиваниях PL/pgSQL, вместо перевода в текстовый вид и обратно (Том Лейн)

Вследствие этого изменения при преобразовании булевых значений в строковые получаются значения `true` и `false`, а не `t` и `f`. Другие преобразования типов могут быть успешны в большем числе случаев, чем раньше; например, при присвоении числового значения 3.9 целочисленной переменной, ей будет присвоено 4, а не произойдёт ошибка, как раньше. Если для некоторых исходного и целевого типов приведение присваивания не определено, PL/pgSQL вернётся к старому поведению с преобразованием через вывод/ввод.

- Возможность использования экранирования обратной косой чертой символов в параметрах командной строки сервера (Андрес Фройнд)

Ранее, пробелы в строке параметров всегда служили разделителями параметров, так что не было никакой возможности включить пробел в значение параметра. Чтобы указать обратную косую черту в значении параметра, теперь нужно написать `\\`.

- Изменение значения по умолчанию параметра `GSSAPI include_realm` на 1, чтобы по умолчанию имя области клиента не удалялось из имени принципа GSS или SSPI (Стивен Фрост)
- Замена параметра конфигурации `checkpoint_segments` параметрами `min_wal_size` и `max_wal_size` (Хейкки Линнакангас)

Если вы ранее настраивали `checkpoint_segments`, следующая формула даст вам приблизительно эквивалентное значение:

```
max_wal_size = (3 * checkpoint_segments) * 16MB
```

Заметьте, что значение по умолчанию параметра `max_wal_size` стало гораздо больше, чем раньше имел параметр `checkpoint_segments`, так что возможно, что корректировать этот параметр больше не потребуется.

- Регулирование снятия процессов при нехватке памяти в Linux через новые переменные окружения `PG_OOM_ADJUST_FILE` и `PG_OOM_ADJUST_VALUE`, вместо параметров времени компиляции `LINUX_OOM_SCORE_ADJ` и `LINUX_OOM_ADJ` (Гуржит Сингх)
- Списание параметра конфигурации сервера `ssl_renegotiation_limit`, который стал устаревшим в предыдущих выпусках (Андрес Фройнд)

Хотя возможность повторного согласования SSL — хорошая вещь в теории, с ней связано достаточно ошибок, чтобы считать её скорее отрицательной на практике, и поэтому она будет исключена в будущих версиях соответствующих стандартов. Учитывая это, мы убрали поддержку этой возможности из PostgreSQL. Параметр `ssl_renegotiation_limit` сохранился, но ему нельзя присвоить ничего, кроме нуля (то есть он всегда отключён). Также он больше не описывается в документации.

- Удаление параметра конфигурации сервера `autocommit`, который уже был устаревшим и не работал (Том Лейн)
- Удаление из каталога `pg_authid` поля `rolcatupdate`, так как оно было бесполезным (Адам Брайтвелл)
- В системном представлении `pg_stat_replication` в поле `sent` теперь NULL, а не 0, представляет недействительное значение (Магнус Хагандер)
- Операторы извлечения элементов массивов `json` и `jsonb` теперь могут принимать отрицательные позиции, которые отсчитываются от конца массивов JSON (Питер Геохеган, Эндрю Дунстан)

Ранее эти операторы возвращали NULL для отрицательных позиций.

Е.37.3. Изменения

Ниже вы найдёте подробный список изменений, произошедших между предыдущим основным выпуском и выпуском PostgreSQL 9.5.

Е.37.3.1. Сервер

Е.37.3.1.1. Индексы

- Добавление блочно-зональных индексов (BRIN) (Альваро Эррера)

Индексы BRIN хранят только сводные данные (например, минимальные и максимальные значения) по зонам блоков в куче. Поэтому они очень компактны и легко обновляются; при этом, если данные кластеризованы натуральным образом, такие индексы позволяют очень существенно ускорить операции поиска.

- Реализация возможности выполнять в запросах точную фильтрацию по дистанции для объектов (многоугольников, кругов), индексируемых по описанным прямоугольникам с использованием GiST (Александр Коротков, Хейкки Линнакангас)

Ранее, для использования такого индекса требовалось применять подзапрос, выбирающий большое количество строк, упорядоченных по дистанции до окружающего прямоугольника, а затем дополнительно отфильтровывать результат, рассчитывая расстояние точнее.

- Возможность использования индексов GiST в сканировании только по индексу (Анастасия Лубенникова, Хейкки Линнакангас, Андреас Карлссон)
- Добавление параметра конфигурации `gin_pending_list_limit`, управляющего размером очередей GIN (Фудзии Масао)

Это значение можно также задать на уровне индекса как параметр хранения индекса. Ранее размер очереди зависел от параметра `work_mem`, что было неудобно, так как подходящие значения `work_mem` обычно оказывались слишком большими для данной цели.

- Выдача при создании хеш-индексов предупреждения о том, что они не защищены от сбоя (Брюс Момджян)

Е.37.3.1.2. Общая производительность

- Ускорение сортировки полей `varchar`, `text` и `numeric` за счёт использования «сокращённых» ключей (Питер Геохеган, Эндрю Гирт, Роберт Хаас)
- Расширение инфраструктуры, позволяющее производить сортировку, вызывая встроенные, не вызываемые из SQL функции сравнения, для выполнения команд `CREATE INDEX`, `REINDEX` и `CLUSTER` (Питер Геохеган)
- Улучшение производительности соединений по хешу (Томаш Вондра, Роберт Хаас)
- Улучшение параллелизма операции замены разделяемого буфера (Роберт Хаас, Амит Капила, Андрес Фройнд)
- Уменьшение количества блокировок и закреплений страниц при сканировании индексов (Кевин Гриттнер)

Прежде всего это полезно тем, что позволяет реже блокировать процедуру очистки индексов.

- Оптимизация использования памяти при отслеживании закреплений буферов в серверных процессах (Андрес Фройнд)
- Улучшение масштабируемости блокировок (Андрес Фройнд)

В особенности это снимает проблемы масштабируемости в системах с несколькими отдельными процессорами.

- Оптимизатор теперь может удалить ненужные ссылки на соединяемые слева подзапросы (Дэвид Роули)
- Возможность вынесения ограничений запроса в подзапросы с оконными функциями, где это уместно (Дэвид Роули)
- Возможность вынесения вызова негерметичной функции за представление с барьером безопасности, если функция не получает никакие выходные столбцы представления (Дин Рашид)
- Доработка планировщика, чтобы он использовал статистику, полученную из индекса по выражению с булевской функцией, когда соответствующий вызов функции присутствует в `WHERE` (Том Лейн)
- `ANALYZE` теперь вычисляет основную статистику (процент значений `NULL` и среднюю ширину столбцов) даже для столбцов, тип данных которых лишён функции равенства (Олександр Шульгин)
- Ускорение расчёта CRC (циклического избыточного кода) и переход к CRC-32C (Абхиджит Менон-Сен, Хейкки Линнакангас)
- Улучшение производительности сканирования индексов по битовой карте (Фёдор Сигаев, Том Лейн)
- Ускорение команды `CREATE INDEX` за счёт исключения лишнего копирования в памяти (Роберт Хаас)
- Увеличение числа разделов отображений буферов (Амит Капила, Андрес Фройнд, Роберт Хаас)

Это увеличивает производительность при многопоточной нагрузке.

Е.37.3.1.3. Наблюдение

- Добавление параметра хранения `log_autovacuum_min_duration` для управления протоколированием автоочистки на уровне таблиц (Микаэль Пакье)

- Добавление нового параметра конфигурации `cluster_name` (Томас Мунро)

Эта строка, обычно задаваемая в `postgresql.conf`, позволяет клиентам идентифицировать кластер. Это имя также выводится в заголовке всех серверных процессов, что упрощает выделение всех процессов, принадлежащих одному кластеру.

- Недопущение изменения `log_disconnections` простыми пользователями при установлении соединения (Фудзии Масао)

Е.37.3.1.4. SSL

- Проверка «Альтернативных имён субъекта» (Subject Alternative Names) (при наличии) в SSL-сертификатах серверов (Алексей Клюкин)

Когда такое поле присутствует, оно проверяется вместо поля «Общее имя» (Common Name) в сертификате.

- Добавление системного представления `pg_stat_ssl`, выдающего информацию о SSL-подключениях (Магнус Хагандер)
- Добавление в `libpq` функций, возвращающих информацию об SSL независимым от реализации способом (Хейкки Линнакангас)

Хотя `PQgetssl()` по-прежнему можно применять для обращений к функциям OpenSSL, теперь это считается устаревшим вариантом, так как будущие версии `libpq` могут поддерживать и другие реализации SSL. По возможности используйте новые функции `PQsslAttribute()`, `PQsslAttributeNames()` и `PQsslInUse()`, чтобы получать информацию об SSL независимым от реализации SSL способом.

- В `libpq` должны сохраняться установленные многопоточные обработчики вызовов OpenSSL (Ян Урбански)

Ранее они перезаписывались.

Е.37.3.1.5. Параметры сервера

- Замена параметра конфигурации `checkpoint_segments` параметрами `min_wal_size` и `max_wal_size` (Хейкки Линнакангас)

Это изменение позволяет разместить большое количество файлов WAL, но при этом не сохранять их, когда они будут уже не нужны. Как следствие, значение `max_wal_size` по умолчанию увеличено до 1GB, что намного больше старой величины по умолчанию, устанавливаемой параметром `checkpoint_segments`. Также заметьте, что резервные серверы теперь производят точки перезапуска, стараясь ограничить использование пространства WAL значением `max_wal_size`; ранее они не учитывали параметр `checkpoint_segments`.

- Регулирование снятия процессов при нехватке памяти в Linux через новые переменные окружения `PG_OOM_ADJUST_FILE` и `PG_OOM_ADJUST_VALUE` (Гуржит Сингх)

Предыдущая инфраструктура управления механизмом ООМ зависела от параметров времени компиляции `LINUX_OOM_SCORE_ADJ` и `LINUX_OOM_ADJ`, которые теперь не поддерживаются. Новое поведение распространяется на все сборки.

- Осуществление записи времени фиксации транзакции, когда включён параметр `track_commit_timestamp` (Альваро Эррера, Петр Желинек)

Прочитать записанное время можно, воспользовавшись функциями `pg_xact_commit_timestamp()` и `pg_last_committed_xact()`.

- Возможность устанавливать `local_preload_libraries` в команде `ALTER ROLE SET` (Питер Эйзен-траут, Кётаро Хоригути)
- Рабочие процессы автоочистки теперь реагируют на изменения параметров конфигурации в процессе работы (Микаэль Пакье)

- Параметр конфигурации `debug_assertions` стал доступен только для чтения (Андрес Фройнд)

Это значит, что утверждения теперь нельзя выключить, если они были включены на этапе компиляции, что позволяет дополнительно оптимизировать код. При этом изменении также был удалён ключ `postgres -A`.

- Возможность установления параметра `effective_io_concurrency` в системах, где он не играет роли (Питер Эйзентраут)
- Добавление системного представления `pg_file_settings`, показывающего содержимое файлов конфигурации сервера (Савада Масахико)
- Добавление поля `pending_restart` в системное представление `pg_settings`, показывающего, что изменение было внесено, но не вступит в силу до перезапуска базы данных (Питер Эйзентраут)
- Возможность сбросить значения `ALTER SYSTEM` командой `ALTER SYSTEM RESET` (Вик Фиринг)

Эта команда удаляет заданный параметр из `postgresql.auto.conf`.

Е.37.3.2. Репликация и восстановление

- Создание механизмов для отслеживания прогресса репликации, включая средства идентификации источника отдельных изменений при логической репликации (Андрес Фройнд)

Эти механизмы полезны при создании решений репликации.

- Переработка операции усечения мультитранзакций, чтобы она корректно фиксировалась в журнале (Андрес Фройнд)

В результате этот механизм становится проще и надёжнее.

- Добавление в `recovery.conf` параметра `recovery_target_action`, управляющего действиями после восстановления (Петр Желинек)

Этот параметр пришёл на замену `pause_at_recovery_target`.

- Добавление для `archive_mode` нового значения `always`, позволяющего архивировать получаемые файлы WAL (Фудзии Масао)
- Добавление параметра конфигурации `wal_retrieve_retry_interval` для управления повторными попытками чтения WAL после сбоя (Алексей Васильев, Микаэль Пакье)

Это особенно полезно для тёплого резерва.

- Возможность сжатия образов полных страниц в WAL (Рахила Съед, Микаэль Пакье)

Это позволяет сократить объём WAL, за счёт дополнительной нагрузки на процессор при записи и воспроизведении WAL. Эта возможность управляется новым параметром конфигурации `wal_compression` (по умолчанию он отключён).

- Архивация файлов WAL с расширением `.partial` при повышении резервного сервера (Хейкки Линнакангас)
- Добавление параметра конфигурации `log_replication_commands` для протоколирования команд репликации (Фудзии Масао)

По умолчанию команды репликации, в частности `IDENTIFY_SYSTEM`, не записываются в протокол, даже когда `log_statement` имеет значение `all`.

- Добавление в `pg_replication_slots` отображения процессов, занимающих слоты репликации (Крейг Рингер)

Эта информация выводится в новом столбце `active_pid`.

- Возможность использовать в задаваемом в `recovery.conf` параметре `primary_conninfo` идентификаторы соединений в формате URI, например, `postgres://` (Александр Шульгин)

Е.37.3.3. Запросы

- Возможность превращать команды `INSERT`, вызывающие конфликты ограничений, в команды `UPDATE`, либо игнорировать их (Питер Геохеган, Хейкки Линнакангас, Андрес Фройнд)

Для этого введён синтаксис `INSERT ... ON CONFLICT DO NOTHING/UPDATE`. Таким образом в Postgres реализована популярная команда `UPSERT`.

- Добавление в `GROUP BY` аналитической функциональности: `GROUPING SETS`, `CUBE` и `ROLLUP` (Эндрю Гирт, Атри Шарма)
- Возможность присвоения результатов одного вложенного `SELECT` нескольким целевым столбцам в `UPDATE` (Том Лейн)

Для этого применяется синтаксис `UPDATE tab SET (col1, col2, ...) = (SELECT ...)`.

- Добавление в `SELECT` указания `SKIP LOCKED` для пропуска заблокированных строк (Томас Мурро)

При этом не выдаётся ошибка, как в случае с `NOWAIT`.

- Добавление в `SELECT` указания `TABLESAMPLE`, что позволяет получать подмножество строк таблицы (Петр Желинек)

Благодаря этому теперь поддерживаются описанные в стандарте SQL методы извлечения выборки. Кроме того, представлены средства для создания пользовательских методов извлечения выборки.

- Предложение возможных исправлений при опечатках в именах столбцов (Питер Геохеган, Роберт Хаас)

Е.37.3.4. Служебные команды

- Добавление более подробной информации о порядке сортировки в вывод `EXPLAIN` (Мариус Тиммер, Лукас Крефт, Арне Шеффер)

Эта информация включает свойства `COLLATE`, `DESC`, `USING` и `NULLS FIRST/LAST`.

- Добавление в вывод `VACUUM` количества страниц, пропущенных из-за закреплений (Джим Нэсби)
- Команда `TRUNCATE` теперь корректно обновляет счётчики кортежей в `pg_stat` (Александр Шульгин)
- Добавление в `REINDEX` возможности переиндексировать всю схему с новым указанием `SCHEMA` (Савада Масахико)
- Добавление в `REINDEX` указания `VERBOSE` (Савада Масахико)
- Исключение из вывода `REINDEX DATABASE` и `SCHEMA` имён столбцов в случае отсутствия указания `VERBOSE` (Саймон Риггс)
- Удаление устаревшего указания `FORCE` команды `REINDEX` (Фудзии Масао)

Е.37.3.5. Манипуляции с объектами

- Добавление механизма защиты на уровне строк (Крейг Рингер, КайГай Кохэй, Адам Брайтвелл, Дин Рашид, Стивен Фрост)

Этот механизм позволяет на уровне строк определять, какие строки пользователи смогут добавлять, изменять и даже видеть в таблице. Для управления им введены новые команды `CREATE/ALTER/DROP POLICY` и `ALTER TABLE ... ENABLE/DISABLE ROW SECURITY`.

- Возможность изменения режима журналирования таблицы в WAL с применением команды `ALTER TABLE ... SET LOGGED / UNLOGGED` (Фабрицио де Ройес Мелло)

- Добавление предложения `IF NOT EXISTS` в `CREATE TABLE AS`, `CREATE INDEX`, `CREATE SEQUENCE` и `CREATE MATERIALIZED VIEW` (Фабрицио де Ройес Мелло)
- Добавление поддержки `IF EXISTS` в `ALTER TABLE ... RENAME CONSTRAINT` (Брюс Момджян)
- Возможность передать некоторым командам DDL вместо имени конкретного пользователя идентификаторы `CURRENT_USER` и `SESSION_USER`, обозначающие текущего пользователя и пользователя сеанса (Кётаро Хorigути, Альваро Эррера)

Это поддерживают команды `ALTER USER`, `ALTER GROUP`, `ALTER ROLE`, `GRANT` и `ALTER` объект `OWNER TO`.

- Поддержка комментариев в ограничениях домена (Альваро Эррера)
- Снижение уровней блокировки для некоторых команд, управляющих триггерами и сторонними ключами (Саймон Риггс, Андреас Карлссон)
- Разрешение использовать `LOCK TABLE ... ROW EXCLUSIVE MODE` тем, кто имеет право `INSERT` в целевой таблице (Стивен Фрост)

Ранее для этой команды требовалось право `UPDATE`, `DELETE` или `TRUNCATE`.

- Применение ограничений `CHECK` для таблицы и домена в алфавитном порядке имён (Том Лейн)

Ранее порядок был недетерминированным.

- Добавление в `CREATE/ALTER DATABASE` возможности управлять свойствами `datistemplate` и `dataallowconn` (Вик Фиринг)

Это позволяет задавать/изменять эти параметры, не модифицируя вручную системный каталог `pg_database`.

E.37.3.5.1. Сторонние таблицы

- Добавление поддержки `IMPORT FOREIGN SCHEMA` (Ронан Данклау, Микаэль Пакье, Том Лейн)

Эта команда позволяет автоматически создать локальные сторонние таблицы с той же структурой, что имеют таблицы на удалённом сервере.

- Возможность определения ограничений `CHECK` для сторонних таблиц (Шигеру Ханада, Эцуро Фудзита)

Такие ограничения считаются контролируемыми на удалённом сервере, а не локально. Однако для оптимизации запросов предполагается, что они удовлетворяются, как например при исключении по ограничению.

- Возможность включать сторонние таблицы в иерархии наследования (Шигеру Ханада, Эцуро Фудзита)

Чтобы это работало естественным образом, в сторонних таблицах теперь допускаются ограничения-проверки, помечаемые как недействительные, и могут задаваться характеристики хранения и `OID`, хотя по сути это никак не влияет на стороннюю таблицу.

- Обёртки сторонних данных и методы нестандартного сканирования обрели возможность выносить соединения наружу (КайГай Кохэй)

E.37.3.5.2. Событийные триггеры

- Для устанавливаемого событийного триггера `ddl_command_end` собираются сведения об активности DDL, которые могут быть ему полезны (Альваро Эррера)

Эти сведения можно получить через возвращающую множество функцию `pg_event_trigger_ddl_commands()` или через структуры данных `C`, если результат этой функции недостаточно детализирован.

- Возможность реагирования в событийных триггерах на перезапись таблицы, вызываемую операцией `ALTER TABLE` (Димитри Фонтейн)
- Добавление поддержки событийных триггеров для команд `COMMENT`, `SECURITY LABEL` и `GRANT/REVOKE` уровня базы данных (Альваро Эррера)
- Добавление столбцов в вывод `pg_event_trigger_dropped_objects` (Альваро Эррера)

Это позволяет упростить обработку операций удаления.

Е.37.3.6. Типы данных

- Возможность записать в тип `xml` пустое или состоящее только из пробельных символов значение (Питер Эйзенштаут)

Это требуется стандартом SQL/XML.

- Возможность ввода в `macaddr` значений в формате `xxxx-xxxx-xxxx` (Хервин Вестстрате)
- Запрещение несоответствующего стандарту SQL синтаксиса `interval` с указанием одновременно полей и точности (Брюс Момджян)

Пр стандарту такие значения этого типа должны записываться, например, как `INTERVAL MINUTE TO SECOND(2)`. В PostgreSQL ранее допускалась запись `INTERVAL(2) MINUTE TO SECOND`, но теперь принимается только стандартный способ.

- Добавление оценки избирательности для операторов `inet/cidr` и улучшение оценки для функций текстового поиска (Эмре Хасегели, Том Лейн)
- Добавление типов данных `regrole` и `regnamespace` для упрощения ввода и улучшенного вывода `OID` ролей и пространств имён (Кётаро Хоригути)

Е.37.3.6.1. JSON

- Добавление для типа `jsonb` функций `jsonb_set()` и `jsonb_pretty()` (Дмитрий Долгов, Эндрю Дунстан, Петр Желинек)
- Добавление функций, формирующих `jsonb`: `to_jsonb()`, `jsonb_object()`, `jsonb_build_object()`, `jsonb_build_array()`, `jsonb_agg()` и `jsonb_object_agg()` (Эндрю Дунстан)

Аналогичные функции уже имелись для типа `json`.

- Снижение требований для преобразований в/из `json` и `jsonb` (Том Лейн)
- Возможность вычитать из документов `jsonb` значения типов `integer`, `text` и массивы `text` (Дмитрий Долгов, Эндрю Дунстан)
- Добавление для типа `jsonb` оператора `||` (Дмитрий Долгов, Эндрю Дунстан)
- Добавление функций `json_strip_nulls()` и `jsonb_strip_nulls()` для удаления значений `null` из документов JSON (Эндрю Дунстан)

Е.37.3.7. Функции

- Добавление `generate_series()` для значений `numeric` (Плато Малугин)
- Возможность передавать массив на вход `array_agg()` и `ARRAY()` (Али Акбар, Том Лейн)
- Добавление функций `array_position()` и `array_positions()`, возвращающих позиции значений в массиве (Павел Стехуле)
- Добавление оператора дистанции от точки до многоугольника (`point-polygon`) `<->` (Александр Коротков)
- Возможность использовать в качестве спецсимволов в `SIMILAR TO` и `SUBSTRING` многобайтовых символов (Джефф Девис)

Ранее в качестве спецсимвола можно было выбрать только однобайтовый символ.

- Добавление вариации `width_bucket()`, поддерживающей любой упорядочиваемый тип данных и группы неодинаковой ширины (Петр Желинек)
- Добавление необязательного аргумента `missing_ok` в `pg_read_file()` и связанные функции (Микаэль Пакье, Хейкки Линнакангас)
- Введение конструкции `=>`, позволяющей задать значения именованных параметров в вызовах функций (Павел Стехуле)

Ранее присвоение значения записывалось только с конструкцией `:=`. Это потребовало запретить создание пользовательского оператора `=>`. При создании пользовательских операторов `=>` до этого выдавались предупреждения (начиная с PostgreSQL 9.0).

- Добавление POSIX-совместимого округления для платформ, где используются функции округления, предоставляемые PostgreSQL (Педро Химено Фортеа)

Е.37.3.7.1. Системные информационные функции и представления

- Добавление функции `pg_get_object_address()`, возвращающей набор OID, однозначно идентифицирующих объект, и функции `pg_identify_object_as_address()`, возвращающей информацию об объекте по этим OID (Альваро Эррера)
- Ослабление ограничений безопасности при просмотре запросов в `pg_stat_activity` и вызове функций `pg_cancel_backend()` и `pg_terminate_backend()` (Стивен Фрост)

Ранее эти операции могли выполнять только роли, которым непосредственно принадлежит целевой сеанс; теперь достаточно быть членом такой роли.

- Добавление функции `pg_stat_get_snapshot_timestamp()`, выдающей время снимка статистики (Мэтт Келли)

Это время показывает, когда в последний раз файл снимка записывался в файловую систему.

- Добавление функции `mxid_age()`, вычисляющей возраст мультитранзакций (Брюс Момджян)

Е.37.3.7.2. Агрегатные функции

- Добавление агрегатных функций `min()/max()` для типов данных `inet/cidr` (Харибабу Комми)
- Использование 128-битных целых, где они поддерживаются, для накопления значений в некоторых агрегатных функциях (Андреас Карлссон)

Е.37.3.8. Языки программирования на стороне сервера

- Улучшение поддержки составных типов в PL/Python (Эд Бен, Ронан Данклау)

Это позволяет возвращать из функций на PL/Python массивы составных типов.

- Уменьшение неточности при преобразовании значений с плавающей точкой в PL/Python (Марко Крин)
- Возможность определения функций преобразования между типами данных SQL и типами данных процедурных языков (Питер Эйзентраут)

Это изменение привносит команды `CREATE/DROP TRANSFORM`. Также с ним добавлены дополнительные трансформации типов `hstore` и `ltree` из/в типы языков PL/Perl и PL/Python.

Е.37.3.8.1. Серверный язык PL/pgSQL

- Улучшение производительности массивов PL/pgSQL (Том Лейн)
- Добавление оператора `ASSERT` в PL/pgSQL (Павел Стехуле)
- Допущение использования в качестве идентификаторов большего количества ключевых слов PL/pgSQL (Том Лейн)

Е.37.3.9. Клиентские приложения

- Перемещение `pg_archivecleanup`, `pg_test_fsync`, `pg_test_timing` и `pg_xlogdump` из `contrib` в `src/bin` (Питер Эйзентраут)

В результате эти программы должны по умолчанию устанавливаться в большем числе инсталляций.

- Добавление программы `pg_rewind`, позволяющей восстановить синхронизированное состояние главного сервера после отработки отказа (Хейкки Линнакангас)
- Возможность управления слотами физической репликации с помощью `pg_receivexlog` (Микаэль Пакье)

Для этого введены новые параметры `--create-slot` и `--drop-slot`.

- В `pg_receivewal` появилась возможность синхронно сбрасывать WAL на диск с нововведённым параметром `--synchronous` (Фуруя Осаму, Фудзии Масао)

Без него файлы WAL сохраняются на диске только при закрытии.

- В `vacuumdb` появилась возможность очистки в параллельном режиме с нововведённым параметром `--jobs` (Дилип Кумар)
- Программа `vacuumdb` теперь не запрашивает один и тот же пароль многократно, когда устанавливает несколько подключений (Харибабу Комми, Микаэль Пакье)
- Добавление ключа `--verbose` для `reindexdb` (Савада Масахико)
- Использование в `pg_basebackup` файла отображений табличных пространств при выборе формата `tag`, что позволяет поддерживать символические ссылки и пути длиннее 100 символов в MS Windows (Амит Капила)
- Добавление в `pg_xlogdump` ключа `--stats` для получения сводной статистики (Абхиджит Мехон-Сен)
- Возможность получить вывод `psql` в формате AsciiDoc (Шимон Гуз)
- Добавление режима `errors` в переменную `ЕCHO`, в котором `psql` выводит только команды с ошибками (Павел Стехуле)

Этот режим также можно включить, передав `psql` ключ `-b`.

- Разделение в `psql` параметров, управляющих стилем линий в Юникоде, на параметры для колонок, заголовка и границ (Павел Стехуле)

Поддерживаются одинарные и двойные линии; вариант по умолчанию — `single` (одинарные).

- Поддержка нового параметра `%l` в переменных окружения `PROMPT` в `psql`, позволяющего увидеть текущий номер строки в многострочном операторе (Савада Масахико)
- Добавление в `\pset` параметра `pager_min_lines`, управляющего вызовом постраничника (Эндрю Дунстан)
- Улучшение подсчёта строк в `psql`, по результатам которого принимается решения о вызове постраничника (Эндрю Дунстан)
- Теперь `psql` не запускается, если не может записать в файл, заданный ключом `--output` или `--log-file` (Том Лейн, Даниэль Верите)

Ранее `psql` по сути игнорировал этот ключ в таких случаях.

- Добавление в `psql` дополнения табуляцией, когда устанавливается переменная `search_path` (Джефф Джейнс)

В настоящее время дополнение табуляцией возможно только для первой схемы.

- Улучшение в `psql` дополнения табуляцией для триггеров и правил (Андреас Карлссон)

1. Команды с обратной косой чертой

- Добавление для команды `psql \?` разделов справки `variables` и `options` (Павел Стехуле)

Команда `\? variables` показывает справку по специальным переменным `psql`, а `\? options` — по параметрам командной строки. Команда `\? commands` выводит метакоманды, которые выводились раньше, и это остаётся вариантом по умолчанию. Эти разделы справки также можно получить, передав в командной строке аргумент `--help=раздел`.

- В команде `psql \db+` добавлен вывод размера табличного пространства (Фабрицио де Ройес Мелло)
- В `psql \dt+` добавлено отображение владельцев типов данных (Магнус Хагандер)
- В `psql \watch` добавлен вывод информации `\timing` (Фудзии Масао)

Отключение вывода запросов `\watch` при запуске с ключом `--echo-hidden`, так как обычно они не нужны.

- Команды `psql \sf` и `\ef` должны учитывать переменную `ECHO_HIDDEN` (Эндрю Дунстан)
- Улучшение в `psql` дополнения табуляцией для `\set`, `\unset` и имён `:variable` (Павел Стехуле)
- Возможность дополнения табуляцией имён ролей в командах `psql \c` (Иэн Барвик)

- Возможность использовать в `pg_dump` снимок данных, полученный в другом сеансе, с параметром `--snapshot` (Саймон Риггс, Микаэль Пакье)

Этот снимок должен быть экспортирован функцией `pg_export_snapshot()` или при создании слота логической репликации. Это может применяться для совместного использования согласованного снимка несколькими процессами `pg_dump`.

- Поддержка в архивном формате `tar` таблиц размером больше 8 ГБ (Том Лейн)

Стандарт POSIX формата `tar` не позволяет включать в архив элементы размером больше 8 ГБ, но большинство современных реализаций `tar` поддерживают расширение, допускающие это. Поэтому нужно использовать расширенный формат, когда это необходимо, а не выдавать ошибку.

- Включение в `pg_dump` вывода версий сервера и `pg_dump` во всех режимах (Цзин Ван)

До этого информация о версии выводилась только в режиме `--verbose`.

- Исключение давно забытого параметра `-i/--ignore-version` из `pg_dump`, `pg_dumpall` и `pg_restore` (Фудзии Масао)

- Поддержка нескольких параметров `pg_ctl -o`, так что их значения соединяются вместе (Брюс Момджян)
- Возможность определения для `pg_ctl` источника событий, записываемых в журнал событий MS Windows (MayMay)

Это влияет только на события `pg_ctl`, а не сервера — для него источник событий задаётся отдельно, в `postgresql.conf`.

- Если в качестве принимающего адреса сервера задаётся всёохватывающее значение (0.0.0.0 в IPv4 или `::` в IPv6), нужно подключаться через адрес локального замыкания, а не использовать заданный адрес буквально (Кондо Юта)

Это исправление в первую очередь затрагивает Windows, так как на других платформах `pg_ctl` предпочитает использовать Unix-сокеты.

- Перемещение `pg_upgrade` из `contrib` в `src/bin` (Питер Эйзенштаут)

В связи с этим изменением, функциональность, ранее предоставляемая модулем `pg_upgrade_support`, была включена в ядро сервера.

- Поддержка нескольких параметров `pg_upgrade -o/-O`, так что их значения соединяются вместе (Брюс Момджян)
- Улучшение сравнений правил сортировки для баз данных в `pg_upgrade` (Хейкки Линнакангас)
- Ликвидация поддержки обновления с версии 8.3 (Брюс Момджян)
- Перемещение `pgbench` из `contrib` в `src/bin` (Питер Эйзенштаут)
- Исправлено вычисление TPS «за исключением установленных соединений» (Тацуо Исии, Фабьен Коэльо)

Накладные расходы на установление соединения подсчитывались неправильно, когда число потоков `pgbench` было меньше числа клиентских подключений. Хотя это определённо ошибка, мы не будем переносить её исправление в версии до 9.5, так как при этом значения TPS окажутся несравнимыми с предыдущими результатами.

- Подсчёт транзакций, выполнявшихся дольше заданного времени (Фабьен Коэльо)

Этим подсчётом управляет нововведённый параметр `--latency-limit`.

- Возможность получить в `pgbench` случайное распределение Гаусса или экспоненциальное распределение `\setrandom` (Мицумаса Кондо, Фабьен Коэльо)
- Реализация в команде `pgbench \set` обработки арифметических выражений с несколькими операторами и включение `%` (деления по модулю) в список поддерживаемых операторов (Роберт Хаас, Фабьен Коэльо)

Е.37.3.10. Исходный код

- Упрощение формата записи WAL (Хейкки Линнакангас)

Благодаря этому изменению, внешним средствам будет легче отслеживать, какие блоки изменяются.

- Улучшение представления записей фиксации и прерывания транзакций в WAL (Андрес Фройнд)
- Добавление API атомарных операций с памятью (Андрес Фройнд)
- Возможность реализации нестандартных методов сканирования и путей (КайГай Кохэй, Том Лейн)

Это даёт расширениям дополнительные рычаги управления оптимизатором и исполнителем.

- Возможность устанавливать блокировки после фильтрации в обёртках сторонних данных (Эцу-ро Фудзита)
- Сторонние таблицы теперь могут участвовать в запросах `INSERT ... ON CONFLICT DO NOTHING` (Питер Геохеган, Хейкки Линнакангас, Андрес Фройнд)

Обёртки сторонних данных не нужно модифицировать, чтобы это поддерживалось. Однако команда `INSERT ... ON CONFLICT DO UPDATE` со сторонними таблицами не поддерживается.

- Улучшение интерфейса `hash_create()`, позволяющее выбирать хеш-функции с простым двоичным ключом (Фёдор Сигаев, Том Лейн)
- Улучшение инфраструктуры параллельного выполнения (Роберт Хаас, Амит Капила, Ной Миш, Рушад Латиа, Дживан Чок)
- Ликвидация портов для Alpha (CPU) и Tru64 (ОС) (Андрес Фройнд)
- Ликвидация реализации циклических блокировок (`spinlock`) на основе перестановки байт для ARMv5 и предыдущих процессоров (Роберт Хаас)

Особенность слабого упорядочивания доступа к памяти в ARM v5 делает такую реализацию блокировки ненадёжной. Однако использование циклических блокировок всё же возможно с новыми версиями gcc, поддерживающими атомарные операции.

- Выдача ошибки при попытке записать в файлы tag чрезмерно длинный (больше 100 символов) путь (Питер Эйзен траут)

Tag не поддерживает такие длинные пути.

- Смена индексируемого класса операторов для столбцов `pg_seclabel.provider` и `pg_shseclabel.provider` на `text_pattern_ops` (Том Лейн)

Это позволяет избежать возможных проблем с этими индексами, когда в разных базах данных кластера используются разные правила сортировки.

- Изменение примитивов `spinlock`, чтобы они действовали как барьеры для оптимизаций компилятора (Роберт Хаас)

E.37.3.10.1. MS Windows

- Получение системного времени с большей точностью в Windows 8, Windows Server 2012 и более новых системах Windows (Крейг Рингер)
- Установка разделяемых библиотек в `bin` в MS Windows (Питер Эйзен траут, Микаэль Пакье)
- Установка `src/test/modules` вместе с `contrib` в сборках с MSVC (Микаэль Пакье)
- В сборке с MSVC теперь может учитываться задаваемый для `configure` параметр `--with-extra-version` (Микаэль Пакье)
- Передача `PGFILEDESC` в сборки `contrib` с MSVC (Микаэль Пакье)
- Добавление значков во все собираемые с MSVC двоичные файлы и информации о версии во все двоичные файлы, собираемые для MS Windows (Ной Миш)

При сборке с MinGW такие значки уже добавлялись ранее.

- Добавление поддержки необязательных аргументов во внутреннюю реализацию `getopt_long()` (Микаэль Пакье, Андреас Фройнд)

Это используется при сборке с MSVC.

E.37.3.11. Дополнительные модули

- Добавление статистики для получения минимального, максимального, среднего времени и стандартного отклонения в `pg_stat_statements` (Мицумаса Кондо, Эндрю Дунстан)
- Добавление в `pgcrypto` функции `pgp_armor_headers()` для извлечения заголовков PGP Armor (Марко Тииккая, Хейкки Линнакангас)
- Возможность задавать пустые строки замены в `unaccent` (Мохаммед Альхашаш)

Это полезно для языков, в которых диакритические знаки представляются как отдельные символы.

- Возможность задавать многосимвольные исходные строки в `unaccent` (Том Лейн)

Это может быть полезно для языков, в которых диакритические знаки представляются как отдельные символы. Это также позволяет создавать более сложные словари удаления диакритики.

- Добавление в `contrib` модулей `tsm_system_rows` и `tsm_system_time`, реализующих дополнительные методы извлечения выборки (Петр Желинек)
- Добавление функций исследования индекса GIN в `pageinspect` (Хейкки Линнакангас, Питер Геохеган, Микаэль Пакье)

- Добавление информации о закреплении буфера в вывод `pg_buffercache` (Андрес Фройнд)
- Возможность получать от `pgstattuple` приблизительных ответов с меньшими издержками, используя `pgstattuple_approx()` (Абхиджит Менон-Сен)
- Перемещение `dummy_seclabel`, `test_shm_mq`, `test_parser` и `worker_spi` из `contrib` в `src/test/modules` (Альваро Эррера)

Этим модули предназначены только для тестирования сервера, поэтому их нет смысла собирать или устанавливать в составе пакета PostgreSQL.

Приложение F. Дополнительно поставляемые модули

В этом и следующем приложении содержится информация о модулях, которые можно найти в каталоге `contrib` дистрибутива PostgreSQL. В их число входят средства портирования, утилиты анализа и подключаемые функции, не включённые в состав основной системы PostgreSQL, в основном потому что они адресованы ограниченной аудитории или находятся в экспериментальном состоянии, неподходящем для основного дерева кода. Однако это всё не умаляет их полезность.

В этом приложении описываются расширения и другие подключаемые серверные модули, включённые в `contrib`. В Приложении G описываются вспомогательные программы.

При сборке сервера из дистрибутивного исходного кода эти компоненты собираются, только если выбрана цель "world" (см. Шаг 2). Вы можете собрать и установить их отдельно, выполнив:

```
make
make install
```

в каталоге `contrib` в настроенном дереве исходного кода; либо собрать и установить только один выбранный модуль, проделав то же самое в его подкаталоге. Для многих модулей имеются регрессионные тесты, которые можно выполнить, запустив:

```
make check
```

перед установкой или

```
make installcheck
```

, когда сервер PostgreSQL будет работать.

Если вы используете готовую собранную версию PostgreSQL, эти модули обычно поставляются в виде отдельного подпакета, например `postgresql-contrib`.

Многие модули предоставляют дополнительные пользовательские функции, операторы и типы. Чтобы использовать один из таких модулей, когда его исполняемый код установлен, вы должны зарегистрировать новые объекты SQL в СУБД. В PostgreSQL версии 9.1 и новее для этого нужно воспользоваться командой `CREATE EXTENSION`. В чистой базе данных вы можете просто выполнить:

```
CREATE EXTENSION имя_модуля;
```

Запускать эту команду должен суперпользователь баз данных. При этом новые объекты SQL будут зарегистрированы только в текущей базе данных, так что эту команду нужно выполнять в каждой базе данных, в которой вы хотите пользоваться функциональностью этого модуля. Вы также можете запустить её в `template1`, чтобы установленное расширение копировалось во все впоследствии создаваемые базы по умолчанию.

Многие модули позволяют устанавливать свои объекты в схему по выбору. Для этого нужно добавить `SCHEMA имя_схемы` в команду `CREATE EXTENSION`. По умолчанию объекты устанавливаются в текущую схему для создаваемых объектов, которой по умолчанию становится `public`.

Если ваша база данных была получена в результате выгрузки/перезагрузки данных PostgreSQL версии до 9.1, и вы ранее использовали версию этого модуля, рассчитанную на версию до 9.1, вместо этого вы должны выполнить:

```
CREATE EXTENSION имя_модуля FROM unpackaged;
```

При этом объекты этого модуля версии до 9.1 будут упакованы в соответствующий объект *расширения*. После этого обновления расширения будут осуществляться командой `ALTER EXTENSION`. За дополнительными сведениями об обновлении расширения обратитесь к Разделу 38.16.

Однако некоторые из этих модулей не являются «расширениями» в этом смысле, а подключаются к серверу по-другому, например, через параметр конфигурации `shared_preload_libraries`. Подробнее об этом говорится в документации каждого модуля.

F.1. adminpack

Модуль `adminpack` предоставляет несколько вспомогательных функций, которыми могут пользоваться `pgAdmin` и другие средства администрирования и управления базами данных, например, для удалённого управления файлами журналов сервера. По умолчанию использовать все эти функции разрешено только суперпользователям, но такое право можно дать и другим пользователям с помощью команды `GRANT`.

Функции, приведённые в Таблице F.1, предоставляют возможность записи в файлы на компьютере, где работает сервер. (См. также функции в Таблице 9.88, которые открывают доступ только на чтение.) Они позволяют обычным пользователям обращаться только к файлам в каталоге кластера баз данных, но не ограничивают суперпользователей и членов ролей `pg_read_server_files` или `pg_write_server_files`. При этом путь может задаваться и как абсолютный, и как относительный.

Таблица F.1. Функции модуля `adminpack`

Имя	Тип результата	Описание
<code>pg_catalog.pg_file_write(</code> <code>filename text, data text,</code> <code>append boolean)</code>	<code>bigint</code>	Записать или дописать в текстовый файл
<code>pg_catalog.pg_file_</code> <code>rename(oldname text,</code> <code>newname text [,</code> <code>archivename text])</code>	<code>boolean</code>	Переименовать файл
<code>pg_catalog.pg_file_</code> <code>unlink(filename text)</code>	<code>boolean</code>	Удалить файл
<code>pg_catalog.pg_logdir_ls(</code> <code>)</code>	<code>setof record</code>	Получить список файлов журналов в каталоге <code>log_directory</code>

Функция `pg_file_write` записывает данные (`data`) в файл с именем `filename`. Если флаг `append` сброшен, этот файл не должен существовать. Если же флаг `append` установлен, существование файла допускается и в этом случае данные будут дописаны в него. Возвращает число записанных байтов.

Функция `pg_file_rename` переименовывает файл. Если параметр `archivename` опущен или равен `NULL`, она просто переименовывает файл `oldname` в `newname` (файл с новым именем не должен существовать). Если параметр `archivename` задан, она сначала переименовывает `newname` в `archivename` (такой файл не должен существовать), а затем переименовывает `oldname` в `newname`. В случае ошибки на втором этапе переименования она попытается переименовать `archivename` назад в `newname`, прежде чем выдать ошибку. Возвращает `true` в случае успеха и `false`, если исходные файлы отсутствуют или их невозможно изменить; в других случаях выдаются ошибки.

Функция `pg_file_unlink` удаляет заданный файл. Возвращает `true` в случае успеха, `false` в случае отсутствия указанного файла либо при сбое в вызове `unlink()`; в других случаях выдаются ошибки.

Функция `pg_logdir_ls` возвращает время создания и пути всех файлов журналов в каталоге `log_directory`. Чтобы эта функция работала, параметр `log_filename` должен иметь значение по умолчанию (`postgresql-%Y-%m-%d_%H%M%S.log`).

F.2. amcheck

Модуль `amcheck` предоставляет функции, позволяющие проверять логическую целостность структуры отношений. Если нарушения структуры не обнаруживаются, эти функции отработывают без ошибок.

Эти функции проверяют различные *инварианты* в структуре представления определённых отношений. Правильность работы функций методов доступа, стоящих за сканированием индекса и другими важными операциями, зависит от всегда соблюдаемых инвариантов. Например, определённые функции проверяют, помимо остальных вещей, что все страницы В-дерева содержат элементы в «логическом» порядке (например, индекс-В-дерево, построенный по столбцу `text`, должен содержать кортежи, упорядоченные в лексическом порядке с учётом правила сортировки). Если этот конкретный инвариант каким-то образом нарушается, следует ожидать, что бинарный поиск на затронутой странице введёт в заблуждение процедуру сканирования индекса, что приведёт к неверным результатам запросов SQL.

Проверка выполняется теми же процедурами, что используются при сканировании индекса, и это может быть код пользовательского класса операторов. Например, проверка индекса-В-дерева задействует сравнения, выполняемые одной или несколькими опорными функциями В-дерева под номером 1. Подробнее опорные функции класса операторов описываются в Подразделе 38.15.3.

Функции `amcheck` могут выполнять только суперпользователи.

F.2.1. Функции

`bt_index_check(index regclass, heapallindexed boolean)` returns void

`bt_index_check` проверяет, соблюдаются ли в целевом индексе-В-дерева различные инварианты. Пример использования:

```
test=# SELECT bt_index_check(index => c.oid, heapallindexed => i.indisunique),
        c.relname,
        c.relpages
```

```
FROM pg_index i
JOIN pg_opclass op ON i.indclass[0] = op.oid
JOIN pg_am am ON op.opcmethod = am.oid
JOIN pg_class c ON i.indexrelid = c.oid
JOIN pg_namespace n ON c.relnamespace = n.oid
WHERE am.amname = 'btree' AND n.nspname = 'pg_catalog'
-- Не проверять временные таблицы (они могут относиться к другим сеансам):
AND c.relpersistence != 't'
-- Функция может выдать ошибку без этих условий:
AND c.relkind = 'i' AND i.indisready AND i.indisvalid
ORDER BY c.relpages DESC LIMIT 10;
```

bt_index_check	relname	relpages
	pg_depend_reference_index	43
	pg_depend_depender_index	40
	pg_proc_proname_args_nsp_index	31
	pg_description_o_c_o_index	21
	pg_attribute_relid_attnam_index	14
	pg_proc_oid_index	10
	pg_attribute_relid_attnum_index	9
	pg_amproc_fam_proc_index	5
	pg_amop_opr_fam_index	5
	pg_amop_fam_strat_index	5

(10 rows)

Этот пример демонстрирует сеанс проверки 10 самых больших индексов системных каталогов в базе данных «test». Проверка всех кортежей кучи на предмет наличия соответствующих кортежей индекса запрашивается только для тех из этих индексов, которые являются уникальными. Так как ошибки не было, все проверенные индексы представляются логически целостными. Естественно, этот запрос можно легко изменить, чтобы функция `bt_index_check` вызывалась для всех индексов в базе, которые поддерживают эту проверку.

Функция `bt_index_check` запрашивает блокировку `AccessShareLock` для целевого индекса и отношения, которому он принадлежит. Это тот же режим блокировки, что запрашивается для от-

ношений обычными операторами `SELECT`. `bt_index_check` не проверяет инварианты, существующие в иерархии потомок/родитель, но проверяет представление всех кортежей кучи в индексе в виде индексных кортежей, когда параметр `heapallindexed` равен `true`. Когда в работающей производственной среде требуется регулярная лёгкая проверка на наличие нарушений, использование `bt_index_check` часто будет подходящим компромиссом между полнотой проверки и минимизацией влияния на производительность и доступность приложения.

```
bt_index_parent_check(index regclass, heapallindexed boolean) returns void
```

Функция `bt_index_parent_check` проверяет, соблюдаются ли в целевом объекте, индексе-В-дереве, различные инварианты. Кроме того, если аргумент `heapallindexed` равен `true`, эта функция проверяет наличие в индексе всех кортежей из кучи, которые должны в него попасть, и отсутствие потерянных связей в структуре индекса. Проверки, которые может производить `bt_index_parent_check`, включают в себя все проверки, выполняемые функцией `bt_index_check`. Функцию `bt_index_parent_check` можно считать более полноценным вариантом `bt_index_check`: в отличие от `bt_index_check`, `bt_index_parent_check` проверяет ещё и инварианты, существующие в иерархии родитель/потомок. `bt_index_parent_check` следует общему соглашению и выдаёт ошибку в случае обнаружения логической несогласованности или другой проблемы.

Функция `bt_index_parent_check` запрашивает в целевом индексе блокировку `ShareLock` (также `ShareLock` запрашивается и в основном отношении). Эти блокировки предотвращают одновременное изменение данных командами `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Эти блокировки также препятствуют одновременной обработке нижележащего отношения командой `VACUUM` и другими вспомогательными командами. Заметьте, что эта функция удерживает блокировки только во время выполнения, а не на протяжении всей транзакции.

Дополнительные проверки, проводимые функцией `bt_index_parent_check`, более ориентированы на выявление различных патологических случаев. В том числе это может быть неправильно реализованный класс операторов В-деревя, используемый проверяемым индексом, или, гипотетически, неизвестные ошибки в нижележащем коде метода доступа индекса-В-деревя. Заметьте, что функцию `bt_index_parent_check` нельзя применять, когда включён режим горячего резерва (то есть на физических репликах в режиме «только чтение»), в отличие от `bt_index_check`.

F.2.2. Дополнительная проверка *heapallindexed*

Когда аргумент `heapallindexed` проверяющих функций равен `true`, для таблицы, связанной с отношением целевого индекса, добавляется дополнительная фаза проверки. Она включает «фиктивную» операцию `CREATE INDEX`, которая проверяет присутствие всех гипотетических новых индексных кортежей по временной сводной структуре в памяти (она создаётся при необходимости на первом этапе проверки). Сводная структура «помечает» каждый кортеж, который находится в целевом индексе. На высоком уровне идея проверки `heapallindexed` состоит в том, чтобы убедиться, что новый индекс, равнозначный целевому, содержит только те записи, которые можно найти в существующей структуре.

С дополнительным этапом `heapallindexed` связаны значительные издержки: проверка обычно будет выполняться в несколько раз дольше. Однако никакие новые блокировки уровня отношения при проверке `heapallindexed` не запрашиваются.

Сводная структура ограничивается по объёму значением `maintenance_work_mem`. Для выявления несогласованности в представленных в индексе кортежах с вероятностью упущений в пределах 2% требуется приблизительно 2 байта памяти на кортеж. По мере уменьшения объёма памяти в пересчёте на кортеж этот процент медленно растёт. Этот подход значительно ограничивает издержки такой проверки, и при этом лишь немного уменьшается вероятность выявления проблемы, особенно в инсталляциях, где эта проверка включена в процедуру регулярного обслуживания. Даже если единичное отсутствие или повреждение кортежа упущено, есть все шансы выявить его при очередной проверке.

F.2.3. Эффективное использование `amcheck`

Модуль `amcheck` может быть полезен для выявления различных типов проблем, которые могут остаться незамеченными при включении контрольных сумм страниц данных. В частности это:

- Структурные несоответствия, возникающие при некорректной реализации класса операторов.

В том числе это проблемы, возникающие при изменении правил сравнения в операционной системе. Сравнения данных сортируемого типа, например `text`, должны быть постоянными (как и все сравнения, применяемые при сканировании индекса-B-дерева), что подразумевает неизменность правил сортировки в операционной системе. Проблемы могут возникать при обновлениях правил в операционной системе, хотя такие случаи редки. Чаще проявляются несоответствия порядка сортировки между ведущим и ведомым сервером, например, из-за различий *основных* версий используемых операционных систем. Возникающие расхождения обычно наблюдаются только на ведомых серверах, так что и выявить их обычно можно только на них.

Когда возникает подобная проблема, она может затрагивать не абсолютно все индексы, построенные с порочным правилом сортировки, просто потому что *индексированные* значения могут иметь тот же абсолютный порядок, независящий от различий поведения. За дополнительными сведениями об использовании в PostgreSQL правил сортировки и локалей операционной системы обратитесь к Разделу 23.1 и Разделу 23.2.

- Несоответствия структуры между индексами и проиндексированными отношениями в куче (когда выполняется проверка `heapallindexed`).

Во время обычных операций перекрёстная проверка индексов по отношениям в куче не производится. Симптомы повреждения данных в куче могут быть неочевидными.

- Повреждения, вызванные гипотетическими неизвестными ошибками в нижележащем коде методов доступа, коде сортировки и управления транзакциями PostgreSQL.

Автоматическая проверка структурной целостности индексов играет важную роль в общем тестировании новых или предлагаемых возможностей PostgreSQL, с которыми может возникнуть логическая несогласованность. Такую же роль играет проверка структуры таблицы и связанной информации о видимости и состоянии транзакций. И поэтому одна из очевидных стратегий тестирования — регулярно вызывать функции `amcheck` при проведении стандартных регрессионных тестов. Подробнее о выполнении тестов можно узнать в Разделе 33.1.

- Ошибки в файловой системе или подсистеме хранения, когда просто не включены контрольные суммы.

Заметьте, что `amcheck` рассматривает страницу в том виде, как она представлена в некотором буфере разделяемой памяти к моменту проверки, если при обращении к нужному блоку он уже находится в разделяемом буфере. Вследствие этого, `amcheck` не обязательно видит данные, находящиеся в файловой системе в момент проверки. Заметьте, что когда контрольные суммы включены, `amcheck` может выдать ошибку из-за несоответствия контрольных сумм, если в буфер будет считываться испорченный блок.

- Повреждения, вызванные дефектными чипами ОЗУ или вообще подсистемой памяти.

PostgreSQL не защищает от ошибок памяти; предполагается, что в эксплуатируемом вами сервере установлена память с ECC (Error Correcting Codes, Коды исправления ошибок) или лучшая защита. Однако память ECC обычно защищает только от ошибок в одном бите и не следует считать её *абсолютной* защитой от сбоев, приводящих к повреждению памяти.

Когда выполняется проверка `heapallindexed`, в целом значительно увеличивается шанс выявления ошибок в отдельных битах, так как она тестирует точное двоичное равенство и сверяет проиндексированные атрибуты с кучей.

Вообще говоря, `amcheck` может доказать только наличие повреждений, но не доказать их отсутствие.

F.2.4. Исправление повреждений

Когда `amcheck` сигнализирует о повреждении данных, ложные срабатывания практически исключены. `amcheck` считает ошибочными ситуации, которые никогда не должны наблюдаться по определению, поэтому ошибки `amcheck`, как правило, требуют тщательного анализа.

Общего метода устранения проблем, которые может выявить `amcheck`, не существует. Начать нужно с поиска корня проблемы, приводящей к нарушению инварианта. Полезную роль в диагностике повреждений, которые выявляет `amcheck`, может сыграть `pageinspect`. Одна лишь команда `REINDEX` может быть неэффективна, когда потребуется исправить повреждения.

F.3. `auth_delay`

Модуль `auth_delay` добавляет небольшую задержку в процессе проверки подлинности перед тем, как выдаётся сообщение об ошибке, чтобы усложнить подбор паролей к базам данных. Заметьте, что это никоим образом не препятствует атакам типа «отказ в обслуживании», а даже наоборот, может помочь их осуществить, так как процессы, ожидающие сообщения об ошибке, всё равно занимают слоты подключения.

Чтобы эта функция работала, данный модуль нужно загрузить посредством параметра конфигурации `shared_preload_libraries` в `postgresql.conf`.

F.3.1. Параметры конфигурации

`auth_delay.milliseconds (int)`

Число миллисекунд, которое нужно подождать, прежде чем сообщать об ошибке аутентификации. По умолчанию 0.

Эти параметры должны задаваться в `postgresql.conf`. Обычное использование выглядит так:

```
# postgresql.conf
shared_preload_libraries = 'auth_delay'

auth_delay.milliseconds = '500'
```

F.3.2. Автор

КайГай Кохэй <kaigai@ak.jp.nec.com>

F.4. `auto_explain`

Модуль `auto_explain` предоставляет возможность автоматического протоколирования планов выполнения медленных операторов, что позволяет обойтись без выполнения `EXPLAIN` вручную. Это особенно полезно для выявления неоптимизированных запросов в больших приложениях.

Этот модуль не предоставляет функций, доступных из SQL. Чтобы использовать его, просто загрузите его в процесс сервера. Это можно сделать в отдельном сеансе:

```
LOAD 'auto_explain';
```

(Для этого нужно быть суперпользователем.) Более типична конфигурация, когда он загружается в некоторые или все сеансы в результате включения `auto_explain` в переменную `session_preload_libraries` или в `shared_preload_libraries` в файле `postgresql.conf`. Загрузив этот модуль, вы можете отслеживать исключительно медленные запросы, вне зависимости от того, когда они происходят. Конечно, это имеет свою цену.

F.4.1. Параметры конфигурации

Есть несколько параметров конфигурации, которые управляют поведением `auto_explain`. Заметьте, что поведение по умолчанию сводится к бездействию, так что необходимо установить как минимум переменную `auto_explain.log_min_duration`, если вы хотите получить какие-либо результаты.

`auto_explain.log_min_duration (integer)`

Переменная `auto_explain.log_min_duration` задаёт время выполнения оператора, в миллисекундах, при превышении которого план оператора будет протоколироваться. Если это значение равно 0, протоколироваться будут планы всех операторов. При значении -1 (по умолчанию) протоколирование планов полностью отключается. Например, если вы установите значение 250ms, протоколироваться будут все запросы, выполняющиеся 250 мс и дольше. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_analyze (boolean)`

При включении параметра `auto_explain.log_analyze` в протокол будет записываться вывод команды `EXPLAIN ANALYZE`, а не простой `EXPLAIN`. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

Примечание

Когда этот параметр включён, замер времени на уровне узлов плана производится для всех операторов, даже если они выполняются недостаточно долго для протоколирования. Это может оказать крайне негативное влияние на производительность. Отключение `auto_explain.log_timing` исключает это влияние, но при этом собирается меньше информации.

`auto_explain.log_buffers (boolean)`

Параметр `auto_explain.log_buffers` определяет, будет ли при протоколировании плана выполнения выводиться статистика об использовании буферов; он равносителен указанию `BUFFERS` команды `EXPLAIN`. Этот параметр действует, только если включён параметр `auto_explain.log_analyze`. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_timing (boolean)`

Параметр `auto_explain.log_timing` определяет, будет ли при протоколировании плана выполнения выводиться длительность на уровне узлов: он равнозначен указанию `TIMING` команды `EXPLAIN`. Издержки от постоянного чтения системных часов могут значительно замедлить запросы в некоторых системах, так что может иметь смысл отключать этот параметр, когда нужно знать только количество строк, но не точную длительность каждого узла. Этот параметр действует, только если включён `auto_explain.log_analyze`. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_triggers (boolean)`

При включении параметра `auto_explain.log_triggers` в протокол будет записываться статистика выполнения триггеров. Этот параметр действует, только если включён параметр `auto_explain.log_analyze`. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_verbose (boolean)`

Параметр `auto_explain.log_verbose` определяет, будут ли при протоколировании плана выполнения выводиться подробные сведения; он равнозначен указанию `VERBOSE` команды `EXPLAIN`. По умолчанию этот параметр отключён. Изменить его могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_format (enum)`

Параметр `auto_explain.log_format` выбирает формат вывода для `EXPLAIN`. Он может принимать значение `text`, `xml`, `json` и `yaml`. Значение по умолчанию — `text`. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`auto_explain.log_nested_statements` (boolean)

При включении параметра `auto_explain.log_nested_statements` протоколированию могут подлежать и вложенные операторы (операторы, выполняемые внутри функции). Когда он отключён, протоколируются планы запросов только верхнего уровня. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`auto_explain.sample_rate` (real)

Параметр `auto_explain.sample_rate` задаёт для `auto_explain` процент операторов, которые будут отслеживаться в каждом сеансе. Значение по умолчанию — 1, то есть отслеживаются все запросы. Вложенные операторы отслеживаются совместно — либо все, либо никакой из них. Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

В обычной ситуации эти параметры устанавливаются в `postgresql.conf`, хотя суперпользователи могут изменить их «на лету» в рамках своих сеансов. Типичное их использование может выглядеть так:

```
# postgresql.conf
session_preload_libraries = 'auto_explain'

auto_explain.log_min_duration = '3s'
```

F.4.2. Пример

```
postgres=# LOAD 'auto_explain';
postgres=# SET auto_explain.log_min_duration = 0;
postgres=# SET auto_explain.log_analyze = true;
postgres=# SELECT count(*)
           FROM pg_class, pg_index
           WHERE oid = indrelid AND indisunique;
```

В результате этих команд может быть получен такой вывод:

```
LOG:  duration: 3.651 ms  plan:
       Query Text: SELECT count(*)
                   FROM pg_class, pg_index
                   WHERE oid = indrelid AND indisunique;
Aggregate  (cost=16.79..16.80 rows=1 width=0) (actual time=3.626..3.627 rows=1
loops=1)
  -> Hash Join  (cost=4.17..16.55 rows=92 width=0) (actual time=3.349..3.594 rows=92
loops=1)
        Hash Cond: (pg_class.oid = pg_index.indrelid)
        -> Seq Scan on pg_class  (cost=0.00..9.55 rows=255 width=4) (actual
time=0.016..0.140 rows=255 loops=1)
        -> Hash  (cost=3.02..3.02 rows=92 width=4) (actual time=3.238..3.238 rows=92
loops=1)
              Buckets: 1024  Batches: 1  Memory Usage: 4kB
              -> Seq Scan on pg_index  (cost=0.00..3.02 rows=92 width=4) (actual
time=0.008..3.187 rows=92 loops=1)
                    Filter: indisunique
```

F.4.3. Автор

Такахиро Итагаки <itagaki.takahiro@oss.ntt.co.jp>

F.5. bloom

Модуль `bloom` предоставляет метод доступа индекса, основанный на *фильтрах Блума*.

Фильтр Блума представляет собой компактную структуру данных, позволяющую проверить, является ли элемент членом множества. В виде метода доступа индекса он позволяет быстро исключать неподходящие кортежи по сигнатурам, размер которых определяется при создании индекса.

Сигнатура — это неточное представление проиндексированных атрибутов, вследствие чего оно допускает ложные положительные срабатывания; то есть оно может показывать, что элемент содержится в множестве, хотя это не так. Поэтому результаты поиска по такому индексу должны всегда перепроверяться по фактическим значениям атрибутов записи в таблице. Чем больше размер сигнатуры, тем меньше вероятность ложного срабатывания и число напрасных обращений к таблице, но это, разумеется, влечёт увеличение индекса и замедление сканирования.

Этот тип индекса наиболее полезен, когда в таблице много атрибутов и в запросах проверяются их произвольные сочетания. Традиционный индекс-В-дерево быстрее индекса Блума, но для поддержки всевозможных запросов может потребоваться множество индексов типа В-дерево, при том что индекс Блума нужен всего один. Заметьте, однако, что индексы Блума поддерживают только проверки на равенство, тогда как индексы-В-деревья также полезны при проверке неравенств и поиске в диапазоне.

F.5.1. Параметры

Индекс `bloom` принимает в своём предложении `WITH` следующие параметры:

`length`

Длина каждой сигнатуры (элемента индекса) в битах, округлённая вверх до ближайшего числа, кратного 16. Значение по умолчанию — 80, а максимальное значение — 4096.

`col1 – col32`

Число битов, генерируемых для каждого столбца индекса. В имени параметра отражается номер столбца индекса, для которого это число задаётся. Значение по умолчанию — 2 бита, а максимум — 4095. Параметры для неиспользуемых столбцов индекса игнорируются.

F.5.2. Примеры

Пример создания индекса `bloom`:

```
CREATE INDEX bloomidx ON tbloom USING bloom (i1,i2,i3)
WITH (length=80, col1=2, col2=2, col3=4);
```

Эта команда создаёт индекс с длиной сигнатуры 80 бит, в которой атрибуты `i1` и `i2` отображаются в 2 бита, а атрибут `i3` — в 4. Мы могли бы опустить указания `length`, `col1` и `col2`, так как в них задаются значения по умолчанию.

Ниже представлен более полный пример определения и использования индекса Блума, а также приводится сравнение его с равнозначным индексом-В-деревом. Видно, что индекс Блума значительно меньше индекса-В-дерева, и при этом он может работать быстрее.

```
=# CREATE TABLE tbloom AS
SELECT
    (random() * 1000000)::int as i1,
    (random() * 1000000)::int as i2,
    (random() * 1000000)::int as i3,
    (random() * 1000000)::int as i4,
    (random() * 1000000)::int as i5,
    (random() * 1000000)::int as i6
FROM
    generate_series(1,10000000);
SELECT 10000000
=# CREATE INDEX bloomidx ON tbloom USING bloom (i1, i2, i3, i4, i5, i6);
CREATE INDEX
=# SELECT pg_size_pretty(pg_relation_size('bloomidx'));
pg_size_pretty
-----
153 MB
(1 row)
```



```
=# CREATE index btreeidx ON tbloom (i1, i2, i3, i4, i5, i6);
CREATE INDEX
=# SELECT pg_size_pretty(pg_relation_size('btreeidx'));
pg_size_pretty
-----
387 MB
(1 row)
```

Последовательное сканирование по этой большой таблице выполняется долго:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                QUERY PLAN
-----
Seq Scan on tbloom  (cost=0.00..213694.08 rows=1 width=24) (actual
time=1445.438..1445.438 rows=0 loops=1)
  Filter: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
  Rows Removed by Filter: 10000000
Planning time: 0.177 ms
Execution time: 1445.473 ms
(5 rows)
```

Поэтому планировщик обычно предпочтёт сканирование по индексу, если это возможно. Индекс-В-дерево даёт такие результаты:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                QUERY PLAN
-----
Index Only Scan using btreeidx on tbloom  (cost=0.56..298311.96 rows=1 width=24)
(actual time=445.709..445.709 rows=0 loops=1)
  Index Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
  Heap Fetches: 0
Planning time: 0.193 ms
Execution time: 445.770 ms
(5 rows)
```

При таком поиске Блум оказывается лучше В-дерева:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                QUERY PLAN
-----
Bitmap Heap Scan on tbloom  (cost=178435.39..178439.41 rows=1 width=24) (actual
time=76.698..76.698 rows=0 loops=1)
  Recheck Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
  Rows Removed by Index Recheck: 2439
  Heap Blocks: exact=2408
-> Bitmap Index Scan on bloomidx  (cost=0.00..178435.39 rows=1 width=0) (actual
time=72.455..72.455 rows=2439 loops=1)
  Index Cond: ((i2 = 898732) AND (i5 = 123451))
Planning time: 0.475 ms
Execution time: 76.778 ms
(8 rows)
```

Обратите внимание на относительно большое количество ложных срабатываний: для перепроверки по куче были отобраны 2439 строк, но на самом деле ни одна из них не удовлетворила запросу. Мы можем уменьшить это количество, создав сигнатуру большей длины. В данном примере при создании индекса с `length=200` число ложных срабатываний уменьшилось до 55, но размер индекса удвоился (до 306 Мбайт) и запрос стал выполняться дольше (125 мс).

При таком подходе основная проблема поиска по В-дереву состоит в том, что В-дерево неэффективно, когда условия поиска не ограничивают ведущие столбцы индекса. Поэтому, применяя индексы типа В-дерево, лучше создавать отдельные индексы для каждого столбца. В этом случае планировщик построит примерно такой план:

```
=# EXPLAIN ANALYZE SELECT * FROM tbloom WHERE i2 = 898732 AND i5 = 123451;
                                         QUERY PLAN
-----
Bitmap Heap Scan on tbloom  (cost=9.29..13.30 rows=1 width=24) (actual
time=0.148..0.148 rows=0 loops=1)
  Recheck Cond: ((i5 = 123451) AND (i2 = 898732))
  -> BitmapAnd  (cost=9.29..9.29 rows=1 width=0) (actual time=0.145..0.145 rows=0
loops=1)
    -> Bitmap Index Scan on tbloom_i5_idx  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0)
        (actual time=0.089..0.089 rows=10 loops=1)
            Index Cond: (i5 = 123451)
    -> Bitmap Index Scan on tbloom_i2_idx  (cost=0.00..4.52 rows=11 width=0)
        (actual time=0.048..0.048 rows=8 loops=1)
            Index Cond: (i2 = 898732)
Planning time: 2.049 ms
Execution time: 0.280 ms
(9 rows)
```

Хотя этот запрос выполняется гораздо быстрее, чем с каким-либо одиночным индексом, мы платим за это увеличением размера индекса. Каждый индекс-B-дерево занимает 214 Мбайт, так что общий объём индексов превышает 1.2 Гбайта, что в 8 раз больше размера индекса Блума.

F.5.3. Интерфейс класса операторов

Класс операторов для индексов Блума требует наличия только хеш-функции для индексируемого типа данных и оператора равенства для поиска. Этот пример демонстрирует соответствующее определение класса операторов для типа `text`:

```
CREATE OPERATOR CLASS text_ops
DEFAULT FOR TYPE text USING bloom AS
    OPERATOR      1      =(text, text),
    FUNCTION      1      hashtext(text);
```

F.5.4. Ограничения

- В этот модуль включены только классы операторов для `int4` и `text`.
- При поиске поддерживается только оператор `=`. Но в будущем возможно добавление поддержки для массивов с операциями объединения и пересечения.
- Метод доступа `bloom` не поддерживает уникальные индексы (`UNIQUE`).
- Метод доступа `bloom` не поддерживает поиск значений `NULL`.

F.5.5. Авторы

Фёдор Сигаев <teodor@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

Александр Коротков <a.korotkov@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

Олег Бартунов <obartunov@postgrespro.ru>, Postgres Professional, Москва, Россия

F.6. btree_gin

Модуль `btree_gin` предоставляет показательные классы операторов GIN, реализующие поведение, подобное тому, что реализуют обычные классы B-дерева, для типов данных `int2`, `int4`, `int8`, `float4`, `float8`, `timestamp with time zone`, `timestamp without time zone`, `time with time zone`, `time without time zone`, `date`, `interval`, `oid`, `money`, `"char"`, `varchar`, `text`, `bytea`, `bit`, `varbit`, `macaddr`, `macaddr8`, `inet`, `cidr`, `uuid`, `name`, `bool`, `bpchar` и всех типов-перечислений (`enum`).

Вообще говоря, эти классы операторов не будут работать быстрее аналогичных стандартных методов индекса-B-дерева, и им не хватает одной важной возможности стандартной реализации B-дерева: возможности ограничивать уникальность. Тем не менее, их можно применять для тести-

рования GIN или взять за основу для разработки других классов операторов GIN. Также, для запросов, где проверяется и столбец с индексом GIN, и столбец с индексом В-деревом, может быть более эффективным создать составной индекс GIN, который использует один из этих классов операторов, чем использовать два отдельных индекса, выборку из которых придётся объединять, вычисляя AND битовых карт.

F.6.1. Пример использования

```
CREATE TABLE test (a int4);
-- создать индекс
CREATE INDEX testidx ON test USING GIN (a);
-- запрос
SELECT * FROM test WHERE a < 10;
```

F.6.2. Авторы

Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>) и Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>). Подробности можно найти на странице <http://www.sai.msu.su/~megeera/oddmuse/index.cgi/Gin>.

F.7. btree_gist

Модуль `btree_gist` предоставляет показательные классы операторов GiST, реализующие поведение, подобное тому, что реализуют обычные классы В-деревя, для типов данных `int2`, `int4`, `int8`, `float4`, `float8`, `numeric`, `timestamp with time zone`, `timestamp without time zone`, `time with time zone`, `time without time zone`, `date`, `interval`, `oid`, `money`, `char`, `varchar`, `text`, `bytea`, `bit`, `varbit`, `macaddr`, `macaddr8`, `inet`, `cidr`, `uuid` и всех типов `enum`.

Вообще говоря, эти классы операторов не будут работать быстрее аналогичных стандартных методов индекса В-деревя, и им не хватает одной важной возможности стандартной реализации В-деревя: возможности ограничивать уникальность. Однако они предлагают несколько других возможностей, описанных ниже. Также эти классы операторов полезны, когда требуется составной индекс GiST, в котором некоторые столбцы имеют типы данных, индексируемые только с GiST, а другие — простые типы. Наконец, эти классы операторов можно применять для тестирования GiST или взять за основу для разработки других классов операторов GiST.

Помимо типичных операторов поиска по В-дереву, `btree_gist` также поддерживает использование индекса для операции `<>` («не равно»). Это может быть полезно в сочетании с ограничением-исключением, как описано ниже.

Также, для типов данных, имеющих естественную метрику расстояния, `btree_gist` определяет оператор расстояния `<->` и поддерживает использование индексов GiST для поиска ближайших соседей с применением этого оператора. Операторы расстояния определены для типов `int2`, `int4`, `int8`, `float4`, `float8`, `timestamp with time zone`, `timestamp without time zone`, `time without time zone`, `date`, `interval`, `oid` и `money`.

F.7.1. Пример использования

Простой пример использования `btree_gist` вместо `btree`:

```
CREATE TABLE test (a int4);
-- создать индекс
CREATE INDEX testidx ON test USING GIST (a);
-- запрос
SELECT * FROM test WHERE a < 10;
-- поиск ближайших соседей: найти десять записей, ближайших к "42"
SELECT *, a <-> 42 AS dist FROM test ORDER BY a <-> 42 LIMIT 10;
```

Так можно использовать ограничение-исключение, состоящее в том, что в клетке в зоопарке могут содержаться животные только одного типа:

```
=> CREATE TABLE zoo (
    cage    INTEGER,
```

```
animal TEXT,  
EXCLUDE USING GIST (cage WITH =, animal WITH <>)  
);  
  
=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'zebra');  
INSERT 0 1  
=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'zebra');  
INSERT 0 1  
=> INSERT INTO zoo VALUES(123, 'lion');  
ERROR:  conflicting key value violates exclusion constraint "zoo_cage_animal_excl"  
DETAIL:  Key (cage, animal)=(123, lion) conflicts with existing key (cage,  
        animal)=(123, zebra).  
=> INSERT INTO zoo VALUES(124, 'lion');  
INSERT 0 1
```

F.7.2. Авторы

Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>), Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>), Янко Рихтер (<jankorichter@yahoo.de>) и Пол Юнгвирт (<pj@illuminatedcomputing.com>). Подробности можно найти на странице <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/>.

F.8. citext

Модуль `citext` предоставляет тип данных для строк, нечувствительных к регистру, `citext`. По сути он сравнивает значения, вызывая внутри себя функцию `lower`. В остальном он почти не отличается от типа `text`.

F.8.1. Обоснование

Стандартный способ выполнить сравнение строк без учёта регистра в PostgreSQL заключается в использовании функции `lower` при сравнении значений, например

```
SELECT * FROM tab WHERE lower(col) = LOWER(?);
```

Этот подход работает довольно хорошо, но имеет ряд недостатков:

- Операторы SQL становятся громоздкими, и нужно не забывать всегда обрабатывать функцией `lower` и столбец, и значение.
- Индекс не будет использоваться, если только дополнительно не создать функциональный индекс с функцией `lower`.
- Если вы объявляете столбец как `UNIQUE` или `PRIMARY KEY`, неявно создаваемый индекс будет чувствительным к регистру. Поэтому он бесполезен для регистронезависимого поиска, так же как он не будет обеспечивать уникальность без учёта регистра.

Тип данных `citext` позволяет исключить вызовы `lower` в SQL-запросах и позволяет сделать первичный ключ регистронезависимым. Тип `citext` учитывает локаль, так же, как и тип `text`, что означает, что сравнение символов в верхнем и нижнем регистре зависит от правил `LC_STYPE` для базы данных. Это поведение, опять же, не отличается от вызовов `lower` в запросах. Но так как оно реализуется прозрачно типом данных, в самих запросах дополнительно не нужно ничего делать.

F.8.2. Как его использовать

Простой пример использования:

```
CREATE TABLE users (  
    nick CITEXT PRIMARY KEY,  
    pass TEXT NOT NULL  
);  
  
INSERT INTO users VALUES ( 'larry', sha256(random()::text::bytea) );  
INSERT INTO users VALUES ( 'Tom', sha256(random()::text::bytea) );
```

```
INSERT INTO users VALUES ( 'Damian', sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'NEAL', sha256(random()::text::bytea) );
INSERT INTO users VALUES ( 'Bjørn', sha256(random()::text::bytea) );

SELECT * FROM users WHERE nick = 'Larry';
```

Оператор `SELECT` вернёт один кортеж, несмотря на то, что в столбец `nick` записано значение `larry`, а в запросе фигурирует `Larry`.

F.8.3. Поведение при сравнении строк

Модуль `citext` выполняет сравнения, приводя каждую строку к нижнему регистру (как если бы вызывалась функция `lower`) и затем производя сравнения как обычно. Так, например, две строки будут считаться равными, если функция `lower`, обработав их, выдаст одинаковые результаты.

Чтобы имитировать правило сортировки без учёта регистра в максимально возможной степени, этот модуль предоставляет специальные, ориентированные на `citext`, операторы и функции для обработки строки. Так, например, операторы регулярных выражений `~` и `~*` действуют в том же ключе, когда применяются к типу `citext`: оба они не учитывают регистр. Это же распространяется на операторы `!~` и `!~*`, а также операторы `LIKE ~`, `~~*`, `!~` и `!~~*`. Если же вы хотите, чтобы эти операторы учитывали регистр, вы можете привести их аргументы к типу `text`.

Подобным образом, все следующие функции выполняют сопоставления без учёта регистра, если их аргументы имеют тип `citext`:

- `regexp_match()`
- `regexp_matches()`
- `regexp_replace()`
- `regexp_split_to_array()`
- `regexp_split_to_table()`
- `replace()`
- `split_part()`
- `strpos()`
- `translate()`

Для функций с регулярными выражениями, если вам нужно регистрозависимое сопоставление, вы можете добавить флаг «с», чтобы принудительно включить этот режим. Чтобы получить регистрозависимое поведение без этого флага, вы должны привести аргумент к типу `text`, прежде чем вызывать эту функцию.

F.8.4. Ограничения

- Смена регистра символов в `citext` зависит от параметра `LC_STYPE` вашей базы данных. Таким образом, как будут сравниваться значения, определяется при создании базы данных. На самом деле, по определениям стандарта Unicode, это сравнение не будет истинно регистронезависимым. По сути это означает, что если вас устраивает установленное правило сортировки, вас должны устраивать и сравнения `citext`. Но если в вашей базе данных хранятся строки на разных языках, пользователи одного языка могут получать неожиданные результаты запросов, если правило сортировки предназначено для другого языка.
- Начиная с PostgreSQL версии 9.1, вы можете добавлять указание `COLLATE` к значениям данных или столбцам `citext`. В настоящее время операторы `citext` принимают во внимание такое явное указание `COLLATE`, сравнивая строки в нижнем регистре, но изначальное приведение в нижний регистр всегда выполняется согласно параметру `LC_STYPE` базы данных (как если бы указывалось `COLLATE "default"`). Это может быть изменено в будущем, чтобы на обоих этапах учитывалось указание `COLLATE` во входных данных.
- Тип `citext` не так эффективен, как `text`, так как функции операторов и функции сравнения для B-дерева должны делать копии данных и переводить их в нижний регистр для сравнения.

Однако он несколько эффективнее варианта с применением `lower` для получения регистронезависимого сравнения.

- Тип `citext` малополезен в ситуациях, когда вам нужно сравнивать данные без учёта регистра в одних контекстах, и с учётом регистра — в других. Обычно в таких случаях используют `text` и вручную применяют функцию `lower`, когда нужно выполнить сравнение без учёта регистра; это прекрасно работает, если регистронезависимое сравнение требуется выполнять относительно редко. Если же почти всегда сравнение должно быть регистронезависимым и только иногда регистрозависимым, имеет смысл сохранить данные в столбце типа `citext`, и явно приводить их к типу `text` для регистрозависимого сравнения. В любом случае, чтобы оба варианта поиска были быстрыми, вам потребуются два индекса.
- Схема, содержащая операторы `citext`, должна находиться в текущем пути `search_path` (обычно это схема `public`); в противном случае будут вызываться регистрозависимые операторы для типа `text`.

F.8.5. Автор

Дэвид Е. Уилер <david@kineticcode.com>

Разработку вдохновил оригинальный модуль `citext` Дональда Фрейзера.

F.9. cube

Этот модуль реализует тип данных `cube` для представления многомерных кубов.

F.9.1. Синтаксис

В Таблице F.2 показаны внешние представления типа `cube`. Буквы *x*, *y* и т. д. обозначают числа с плавающей точкой.

Таблица F.2. Внешние представления кубов

Внешний синтаксис	Значение
<i>x</i>	Одномерная точка (или одномерный интервал нулевой длины)
(<i>x</i>)	То же, что и выше
<i>x</i> 1, <i>x</i> 2, ..., <i>x</i> <i>n</i>	Точка в <i>n</i> -мерном пространстве, представленная внутри как куб нулевого объёма
(<i>x</i> 1, <i>x</i> 2, ..., <i>x</i> <i>n</i>)	То же, что и выше
(<i>x</i>) , (<i>y</i>)	Одномерный интервал, начинающийся в точке <i>x</i> и заканчивающийся в <i>y</i> , либо наоборот; порядок значения не имеет
[(<i>x</i>) , (<i>y</i>)]	То же, что и выше
(<i>x</i> 1, ..., <i>x</i> <i>n</i>) , (<i>y</i> 1, ..., <i>y</i> <i>n</i>)	<i>N</i> -мерный куб, представленный парой диагонально противоположных углов
[(<i>x</i> 1, ..., <i>x</i> <i>n</i>) , (<i>y</i> 1, ..., <i>y</i> <i>n</i>)]	То же, что и выше

В каком порядке вводятся противоположные углы куба, не имеет значения. Функции, принимающие тип `cube`, автоматически меняют углы местами, чтобы получить единое внутреннее представление «левый нижний — правый верхний». Когда эти углы совмещаются, в `cube` для экономии пространства хранится только один угол с флагом «является точкой».

Пробельные символы игнорируются, так что `[(x), (y)]` не отличается от `[(x), (y)]`.

F.9.2. Точность

Значения хранятся внутри как 64-битные числа с плавающей точкой. Это значит, что числа с более чем 16 значащими цифрами будут усекаться.

F.9.3. Использование

В Таблице F.3 показаны операторы, предназначенные для работы с типом `cube`.

Таблица F.3. Операторы для кубов

Оператор	Результат	Описание
<code>a = b</code>	<code>boolean</code>	Кубы <code>a</code> и <code>b</code> идентичны.
<code>a && b</code>	<code>boolean</code>	Кубы <code>a</code> и <code>b</code> пересекаются.
<code>a @> b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> включает куб <code>b</code> .
<code>a <@ b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> включён в куб <code>b</code> .
<code>a < b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> меньше куба <code>b</code> .
<code>a <= b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> меньше или равен кубу <code>b</code> .
<code>a > b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> больше куба <code>b</code> .
<code>a >= b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> больше или равен кубу <code>b</code> .
<code>a <> b</code>	<code>boolean</code>	Куб <code>a</code> не равен кубу <code>b</code> .
<code>a -> n</code>	<code>float8</code>	Выдаёт n -ную координату куба (отсчитывая с 1).
<code>a ~> n</code>	<code>float8</code>	Выдаёт n -ную координату куба следующим образом: $n = 2 * k - 1$ обозначает нижнюю границу k -той размерности, $n = 2 * k$ обозначает верхнюю границу k -той размерности. Отрицательные n обозначают обратное значение соответствующей положительной координаты. Этот оператор предназначен для поддержки KNN-GiST.
<code>a <-> b</code>	<code>float8</code>	Евклидово расстояние между <code>a</code> и <code>b</code> .
<code>a <#> b</code>	<code>float8</code>	Расстояние городских кварталов (метрика L-1) между <code>a</code> и <code>b</code> .
<code>a <=> b</code>	<code>float8</code>	Расстояние Чебышева (метрика L-inf) между <code>a</code> и <code>b</code> .

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения `@>` и `<@` обозначались соответственно как `@` и `~`. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Скалярные операторы упорядочивания (`<`, `>=` и т. д.) не имеют большого смысла ни для каких практических целей, кроме сортировки. Эти операторы сначала сравнивают первые координаты и если они равны, сравнивают вторые и т. д. Они предназначены в основном для поддержки класса операторов индекса-B-дерева для типа `cube`, который может быть полезен, например, если вы хотите создать ограничение `UNIQUE` для столбца типа `cube`.

Модуль `cube` также предоставляет класс операторов индекса GiST для значений `cube`. Индекс GiST для `cube` может применяться для поиска значений в выражениях с операторами `=`, `&&`, `@>` и `<@` в предложениях `WHERE`.

GiST-индекс для `cube` может быть полезен и для поиска ближайших соседей с использованием операторов метрики `<->`, `<#>` и `<=>` в предложениях `ORDER BY`. Например, ближайшего соседа точки в трёхмерном пространстве (0.5, 0.5, 0.5) можно эффективно найти так:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c <-> cube(array[0.5,0.5,0.5]) LIMIT 1;
```

Оператор ~> может также использоваться таким образом, чтобы эффективно выдавать первые несколько значений, отсортированных по выбранной координате. Например, чтобы получить первые несколько кубов, упорядоченных по возрастанию первой координаты (левого нижнего угла), можно использовать следующий запрос:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c ~> 1 LIMIT 5;
```

А чтобы получить двумерные кубы, отсортированные по убыванию первой координаты правого верхнего угла:

```
SELECT c FROM test ORDER BY c ~> 3 DESC LIMIT 5;
```

В Таблице F.4 перечислены все доступные функции.

Таблица F.4. Функции для работы с кубами

Функция	Результат	Описание	Пример
<code>cube(float8)</code>	cube	Создаёт одномерный куб, у которого обе координаты равны.	<code>cube(1) == '(1)'</code>
<code>cube(float8, float8)</code>	cube	Создаёт одномерный куб.	<code>cube(1,2) == '(1), (2)'</code>
<code>cube(float8[])</code>	cube	Создаёт куб нулевого объёма по координатам, определяемым массивом.	<code>cube(ARRAY[1,2]) == '(1,2)'</code>
<code>cube(float8[], float8[])</code>	cube	Создаёт куб с координатами правого верхнего и левого нижнего углов, определяемыми двумя массивами, которые должны быть одинаковой длины.	<code>cube(ARRAY[1,2], ARRAY[3,4]) == '(1,2), (3,4)'</code>
<code>cube(cube, float8)</code>	cube	Создаёт новый куб, добавляя размерность к существующему кубу с одинаковым значением новой координаты для обоих углов. Это бывает полезно, когда нужно построить кубы поэтапно из вычисляемых значений.	<code>cube('(1,2), (3,4)')::cube, 5) == '(1,2,5), (3,4,5)'</code>
<code>cube(cube, float8, float8)</code>	cube	Создаёт новый куб, добавляя размерность к существующему кубу. Это бывает полезно, когда нужно построить кубы поэтапно из вычисляемых значений.	<code>cube('(1,2), (3,4)')::cube, 5, 6) == '(1,2,5), (3,4,6)'</code>
<code>cube_dim(cube)</code>	integer	Возвращает число размерностей куба.	<code>cube_dim('(1,2), (3,4)') == '2'</code>
<code>cube_ll_coord(cube, integer)</code>	float8	Возвращает значение <i>n</i> -ной координаты левого нижнего угла куба.	<code>cube_ll_coord('(1,2), (3,4)', 2) == '2'</code>

Функция	Результат	Описание	Пример
<code>cube_ur_coord(cube, integer)</code>	float8	Возвращает значение n -ной координаты правого верхнего угла куба.	<code>cube_ur_coord('(1,2),(3,4)', 2) == '4'</code>
<code>cube_is_point(cube)</code>	boolean	Возвращает true, если куб является точкой, то есть если два определяющих его угла совпадают.	
<code>cube_distance(cube, cube)</code>	float8	Возвращает расстояние между двумя кубами. Если оба куба являются точками, вычисляется обычная функция расстояния.	
<code>cube_subset(cube, integer[])</code>	cube	Создаёт новый куб из существующего, используя список размерностей из массива. Может применяться для получения координат углов в одном измерении, для удаления измерений и изменения их порядка.	<code>cube_subset(cube('(1,3,5),(6,7, 8)')', ARRAY[2]) == '(3),(7)' cube_ subset(cube('(1, 3,5),(6,7,8)')', ARRAY[3,2,1,1]) == '(5,3,1,1),(8,7,6,6)'</code>
<code>cube_union(cube, cube)</code>	cube	Создаёт объединение двух кубов.	
<code>cube_inter(cube, cube)</code>	cube	Создаёт пересечение двух кубов.	
<code>cube_enlarge(c cube, r double, n integer)</code>	cube	Увеличивает размер куба на заданный радиус r как минимум в n измерениях. Если радиус отрицательный, куб, наоборот, уменьшается. Все определённые измерения изменяются на величину радиуса r . Координаты левого нижнего угла уменьшаются на r , а координаты правого верхнего увеличиваются на r . Если координата левого нижнего угла становится больше соответствующей координаты правого верхнего (это возможно, только когда $r < 0$), обоим координатам присваивается их среднее значение. Если n превышает чис-	<code>cube_enlarge('(1, 2),(3,4)', 0.5, 3) == '(0.5,1.5, -0.5),(3.5,4.5, 0.5)'</code>

Функция	Результат	Описание	Пример
		ло определённых измерений и куб увеличивается ($r > 0$), добавляются дополнительные размерности, недостающие до n ; начальным значением для дополнительных координат считается ноль. Эта функция полезна для создания окружающих точку прямоугольников для поиска ближайших точек.	

F.9.4. Поведение по умолчанию

Я полагаю, что это объединение:

```
select cube_union('(0,5,2),(2,3,1)', '0');
cube_union
-----
(0, 0, 0),(2, 5, 2)
(1 row)
```

не противоречит здравому смыслу, как и это пересечение

```
select cube_inter('(0,-1),(1,1)', '(-2),(2)');
cube_inter
-----
(0, 0),(1, 0)
(1 row)
```

Во всех бинарных операциях с кубами разных размерностей, я полагаю, что куб с меньшей размерностью является декартовой проекцией; то есть в опущенных в строковом представлении координатах предполагаются нули. Таким образом, показанные выше вызовы равнозначны следующим:

```
cube_union('(0,5,2),(2,3,1)', '(0,0,0),(0,0,0)');
cube_inter('(0,-1),(1,1)', '(-2,0),(2,0)');
```

В следующем предикате включения применяется синтаксис точек, хотя фактически второй аргумент представляется внутри кубом. Этот синтаксис избавляет от необходимости определять отдельный тип точек и функции для предикатов (cube,point).

```
select cube_contains('(0,0),(1,1)', '0.5,0.5');
cube_contains
-----
t
(1 row)
```

F.9.5. Замечания

Примеры использования можно увидеть в регрессионном тесте `sql/cube.sql`.

Во избежание некорректного применения этого типа, число размерностей кубов искусственно ограничено значением 100. Если это ограничение вас не устраивает, его можно изменить в `cubedata.h`.

F.9.6. Благодарности

Первый автор: Джин Селков мл. <selkovjr@mcs.anl.gov>, Аргоннская национальная лаборатория, Отдел математики и компьютерных наук

Я очень благодарен в первую очередь профессору Джо Геллерштейну (<http://db.cs.berkeley.edu/jmh/>) за пояснение сути GiST (<http://gist.cs.berkeley.edu/>) и его бывшему студенту, Энди Донгу, за пример, написанный для Illustra. Я также признателен всем разработчикам Postgres в настоящем и прошлом за возможность создать свой собственный мир и спокойно жить в нём. Ещё я хотел бы выразить признательность Аргоннской лаборатории и Министерству энергетики США за годы постоянной поддержки моих исследований в области баз данных.

Небольшие изменения в этот пакет внёс Бруно Вольф III <bruno@wolff.to> в августе/сентябре 2002 г. В том числе он перешёл от одинарной к двойной точности и добавил несколько новых функций.

Дополнительные изменения внёс Джошуа Рейх <josh@root.net> в июле 2006 г. В частности, он добавил `cube(float8[], float8[])`, подчистил код и перевёл его на протокол вызовов версии V1 с устаревшего протокола V0.

F.10. dblink

Модуль `dblink` обеспечивает подключения к другим базам данных PostgreSQL из сеанса базы данных.

См. также описание модуля `postgres_fdw`, который предоставляет примерно ту же функциональность, но через более современную и стандартизированную инфраструктуру.

dblink_connect

`dblink_connect` — открывает постоянное подключение к удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_connect(text connstr) returns text  
dblink_connect(text connname, text connstr) returns text
```

Описание

Функция `dblink_connect()` устанавливает подключение к удалённой базе данных PostgreSQL. Целевой сервер и база данных указываются в стандартной строке подключения `libpq`. Если требуется, этому подключению можно назначить имя. В один момент времени могут быть открытыми несколько именованных подключений, но только одно подключение без имени. Подключение будет сохраняться, пока не будет закрыто или до завершения сеанса базы данных.

В строке подключения также может задаваться имя существующего стороннего сервера. Для определения стороннего сервера рекомендуется использовать обёртку сторонних данных `dblink_fdw`. См. пример ниже, а также `CREATE SERVER` и `CREATE USER MAPPING`.

Аргументы

connname

Имя, назначаемое этому подключению; если опускается, открывается безымянное подключение, заменяющее ранее существующее безымянное подключение.

connstr

Строка подключения в стиле `libpq`, например `hostaddr=127.0.0.1 port=5432 dbname=mydb user=postgres password=mypasswd options=-csearch_path=`. За подробностями обратитесь к Подразделу 34.1.1. В ней также может задаваться имя стороннего сервера.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (это всегда строка `OK`, так как в случае любой ошибки функция прерывается, выдавая исключение).

Замечания

Если к базе данных, которая не приведена в соответствие шаблону безопасного использования схем, имеют доступ недоверенные пользователи, начинайте сеанс с удаления доступных им для записи схем из пути поиска (`search_path`). Например, для этого можно добавить `options=-csearch_path=` в `connstr`. Это касается не только `dblink`, но и любых других интерфейсов для выполнения произвольных SQL-команд.

Создавать подключения, не требующие аутентификации по паролю, с помощью `dblink_connect` разрешено только суперпользователям. Если эта возможность нужна обычным пользователям, следует воспользоваться функцией `dblink_connect_u`.

Использовать в именах подключений знаки «равно» не рекомендуется, так как при этом возможна путаница со строками подключений в других функциях `dblink`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');  
dblink_connect  
-----  
OK  
(1 row)  
  
SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=postgres options=-csearch_path=');
```

```

dblink_connect
-----
OK
(1 row)

-- Функциональность обёртки сторонних данных (FOREIGN DATA WRAPPER)
-- Замечание: чтобы это работало, для локальных подключений требуется аутентификация по
  паролю
--      В противном случае, вызвав dblink_connect(), вы получите:
--      -----
--      ERROR:  password is required
--      DETAIL:  Non-superuser cannot connect if the server does not request a
  password.
--      HINT:   Target server's authentication method must be changed.
--
--      ОШИБКА:  требуется пароль
--      ПОДРОБНОСТИ:  Обычный пользователь не может подключиться, если сервер не
  требует пароль.
--      ПОДСКАЗКА:  Необходимо изменить метод аутентификации целевого сервера.

CREATE SERVER fdtest FOREIGN DATA WRAPPER dblink_fdw OPTIONS (hostaddr '127.0.0.1',
  dbname 'contrib_regression');

CREATE USER regress_dblink_user WITH PASSWORD 'secret';
CREATE USER MAPPING FOR regress_dblink_user SERVER fdtest OPTIONS (user
  'regress_dblink_user', password 'secret');
GRANT USAGE ON FOREIGN SERVER fdtest TO regress_dblink_user;
GRANT SELECT ON TABLE foo TO regress_dblink_user;

\set ORIGINAL_USER :USER
\c - regress_dblink_user
SELECT dblink_connect('myconn', 'fdtest');
  dblink_connect
-----
OK
(1 row)

SELECT * FROM dblink('myconn','SELECT * FROM foo') AS t(a int, b text, c text[]);
 a | b |      c
-----+-----
 0 | a | {a0,b0,c0}
 1 | b | {a1,b1,c1}
 2 | c | {a2,b2,c2}
 3 | d | {a3,b3,c3}
 4 | e | {a4,b4,c4}
 5 | f | {a5,b5,c5}
 6 | g | {a6,b6,c6}
 7 | h | {a7,b7,c7}
 8 | i | {a8,b8,c8}
 9 | j | {a9,b9,c9}
10 | k | {a10,b10,c10}
(11 rows)

\c - :ORIGINAL_USER
REVOKE USAGE ON FOREIGN SERVER fdtest FROM regress_dblink_user;
REVOKE SELECT ON TABLE foo FROM regress_dblink_user;
DROP USER MAPPING FOR regress_dblink_user SERVER fdtest;
DROP USER regress_dblink_user;

```

```
DROP SERVER fdtest;
```

dblink_connect_u

`dblink_connect_u` — открывает постоянное подключение к удалённой базе данных, небезопасно

Синтаксис

```
dblink_connect_u(text connstr) returns text  
dblink_connect_u(text connname, text connstr) returns text
```

Описание

Функция `dblink_connect_u()` не отличается от `dblink_connect()`, за исключением того, что она позволяет подключаться с любым методом аутентификации обычным пользователям.

Если удалённый сервер выбирает режим аутентификации без пароля, возможно олицетворение и последующее повышение привилегий, так как сеанс будет установлен от имени пользователя, который исполняет локальный процесс PostgreSQL. Кроме того, даже если удалённый сервер запрашивает пароль, этот пароль можно получить из среды сервера, например, из файла `~/.pgpass`, принадлежащего пользователю сервера. Это чревато не только олицетворением, но и выдачей пароля не заслуживающему доверия удалённому серверу. Поэтому `dblink_connect_u()` изначально устанавливается так, что роль `PUBLIC` лишена всех прав на её использование, то есть вызывать её могут только суперпользователи. В некоторых ситуациях допустимо дать право `EXECUTE` для `dblink_connect_u()` определённым пользователям, которым можно доверять, но это нужно делать осторожно. Также рекомендуется убедиться в том, что файл `~/.pgpass`, принадлежащий пользователю сервера, *не* содержит никаких записей со звёздочкой в качестве имени узла.

За дополнительными подробностями обратитесь к описанию `dblink_connect()`.

dblink_disconnect

`dblink_disconnect` — закрывает постоянное подключение к удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_disconnect() returns text  
dblink_disconnect(text connname) returns text
```

Описание

`dblink_disconnect()` закрывает подключение, ранее открытое функцией `dblink_connect()`. Форма без аргументов закрывает безымянное подключение.

Аргументы

connname

Имя закрываемого именованного подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (это всегда строка ОК, так как в случае любой ошибки функция прерывается, выдавая исключение).

Примеры

```
SELECT dblink_disconnect();  
dblink_disconnect  
-----  
ОК  
(1 row)  
  
SELECT dblink_disconnect('myconn');  
dblink_disconnect  
-----  
ОК  
(1 row)
```


dblink

`dblink` — выполняет запрос в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink(text connname, text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink(text connstr, text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink(text sql [, bool fail_on_error]) returns setof record
```

Описание

`dblink` выполняет запрос (обычно `SELECT`, но это может быть и любой другой оператор SQL, возвращающий строки) в удалённой базе данных.

Когда этой функции передаются два аргумента типа `text`, первый сначала рассматривается как имя постоянного подключения; если такое подключение находится, команда выполняется для него. Если не находится, первый аргумент воспринимается как строка подключения, как для функции `dblink_connect`, и заданное подключение устанавливается только на время выполнения этой команды.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

connstr

Строка подключения, описанная ранее для `dblink_connect`

sql

SQL-запрос, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `select * from foo`.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Эта функция возвращает строки, выдаваемые в результате запроса. Так как `dblink` может выполнять произвольные запросы, она объявлена как возвращающая тип `record`, а не некоторый определённый набор столбцов. Это означает, что вы должны указать ожидаемый набор столбцов в вызывающем запросе — в противном случае PostgreSQL не будет знать, чего ожидать. Например:

```
SELECT *
FROM dblink('dbname=mydb options=-csearch_path=',
            'select proname, prosrc from pg_proc')
AS t1(proname name, prosrc text)
WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

В части «псевдонима» предложения `FROM` должны указываться имена столбцов и типы, которые будет возвращать функция. (Указание имён столбцов в псевдониме таблицы предусмотрено стандартом SQL, но определение типов столбцов является расширением PostgreSQL.) Это позволяет системе понять, во что должно разворачиваться обозначение `*`, и на что ссылается `proname` в предложении `WHERE`, прежде чем пытаться выполнять эту функцию. Во время выполнения произойдёт ошибка, если действительный результат запроса из удалённой базы данных не будет содержать

столько столбцов, сколько указано в предложении FROM. Однако имена столбцов могут не совпадать, так же, как dblink не настаивает на точном совпадении типов. Функция завершится успешно, если возвращаемые строки данных будут допустимыми для ввода в тип столбца, объявленный в предложении FROM.

Замечания

Использовать dblink с предопределёнными запросами будет удобнее, если создать представление. Это позволит скрыть в его определении информацию о типах столбцов и не выписывать её в каждом запросе. Например:

```
CREATE VIEW myremote_pg_proc AS
  SELECT *
    FROM dblink('dbname=postgres options=-csearch_path=',
               'select proname, prosrc from pg_proc')
   AS t1(proname name, prosrc text);

SELECT * FROM myremote_pg_proc WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

Примеры

```
SELECT * FROM dblink('dbname=postgres options=-csearch_path=',
                    'select proname, prosrc from pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
proname | prosrc
-----+-----
byteacat | byteacat
byteaeq  | byteaeq
bytealt  | bytealt
byteale  | byteale
byteagt  | byteagt
byteage  | byteage
byteane  | byteane
byteacmp | byteacmp
bytealike | bytealike
byteanlike | byteanlike
byteain  | byteain
byteaout | byteaout
(12 rows)
```

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)
```

```
SELECT * FROM dblink('select proname, prosrc from pg_proc')
  AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
proname | prosrc
-----+-----
byteacat | byteacat
byteaeq  | byteaeq
bytealt  | bytealt
byteale  | byteale
byteagt  | byteagt
byteage  | byteage
byteane  | byteane
byteacmp | byteacmp
bytealike | bytealike
byteanlike | byteanlike
```

```
byteain      | byteain
byteaout     | byteaout
(12 rows)
```

```
SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=regression options=-csearch_path=');
dblink_connect
```

```
-----
OK
(1 row)
```

```
SELECT * FROM dblink('myconn', 'select proname, prosrc from pg_proc')
AS t1(proname name, prosrc text) WHERE proname LIKE 'bytea%';
```

```
proname      | prosrc
-----+-----
bytearecv    | bytearecv
byteasend    | byteasend
byteale      | byteale
byteagt      | byteagt
byteage      | byteage
byteane      | byteane
byteacmp     | byteacmp
bytealike    | bytealike
byteanlike   | byteanlike
byteacat     | byteacat
byteaeq      | byteaeq
bytealt      | bytealt
byteain      | byteain
byteaout     | byteaout
(14 rows)
```

dblink_exec

`dblink_exec` — выполняет команду в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_exec(text connname, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_exec(text connstr, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_exec(text sql [, bool fail_on_error]) returns text
```

Описание

Функция `dblink_exec` выполняет команду (то есть любой SQL-оператор, не возвращающий строки) в удалённой базе данных.

Когда этой функции передаются два аргумента типа `text`, первый сначала рассматривается как имя постоянного подключения; если такое подключение находится, команда выполняется для него. Если не находится, первый аргумент воспринимается как строка подключения, как для функции `dblink_connect`, и заданное подключение устанавливается только на время выполнения этой команды.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

connstr

Строка подключения, описанная ранее для `dblink_connect`

sql

SQL-запрос, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `insert into foo values (0, 'a', '{"a0", "b0", "c0"}')`.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние (либо строку состояния команды, либо `ERROR`).

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=dblink_test_standby');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)

SELECT dblink_exec('insert into foo values (21, 'z', '{"a0", "b0", "c0"}');');
dblink_exec
-----
INSERT 943366 1
(1 row)
```

```
SELECT dblink_connect('myconn', 'dbname=regression');
dblink_connect
```

```
-----
OK
(1 row)
```

```
SELECT dblink_exec('myconn', 'insert into foo values(21, 'z', '{a0,b0,c0}');');
dblink_exec
```

```
-----
INSERT 6432584 1
(1 row)
```

```
SELECT dblink_exec('myconn', 'insert into pg_class values ('foo'),false);
```

```
NOTICE: sql error
```

```
DETAIL: ERROR: null value in column "relnamespace" violates not-null constraint
```

```
dblink_exec
```

```
-----
ERROR
(1 row)
```

dblink_open

`dblink_open` — открывает курсор в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_open(text cursorname, text sql [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_open(text connname, text cursorname, text sql [, bool fail_on_error]) returns
text
```

Описание

Функция `dblink_open()` открывает курсор в удалённой базе данных. Открытым курсором можно будет манипулировать функциями `dblink_fetch()` и `dblink_close()`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя, назначаемое курсору.

sql

Оператор `SELECT`, который вы хотите выполнять в удалённой базе данных, например `select * from pg_class`.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние, `OK` или `ERROR`.

Замечания

Так как курсор может существовать только в рамках транзакции, функция `dblink_open` начинает явный блок транзакции (командой `BEGIN`) на удалённой стороне, если транзакция там ещё не открыта. Эта транзакция будет снова закрыта при соответствующем вызове `dblink_close`. Обратите внимание, что если вы с помощью `dblink_exec` изменяете данные между вызовами `dblink_open` и `dblink_close`, а затем происходит ошибка, либо если вы вызываете `dblink_disconnect` перед `dblink_close`, ваши изменения *будут потеряны*, так как транзакция будет прервана.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)

SELECT dblink_open('foo', 'select proname, prosrc from pg_proc');
dblink_open
-----
```

OK
(1 row)

dblink_fetch

`dblink_fetch` — возвращает строки из открытого курсора в удалённой базе данных

Синтаксис

```
dblink_fetch(text cursorname, int howmany [, bool fail_on_error]) returns setof record
dblink_fetch(text connname, text cursorname, int howmany [, bool fail_on_error])
returns setof record
```

Описание

`dblink_fetch` выбирает строки из курсора, ранее открытого функцией `dblink_open`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя курсора, из которого выбираются данные.

howmany

Максимальное число строк, которое нужно получить. Данная функция выбирает через курсор следующие *howmany* строк, начиная с текущей позиции курсора и двигаясь вперёд. Когда курсор доходит до конца, строки больше не выдаются.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Эта функция возвращает строки, выбираемые через курсор. Для использования этой функции необходимо задать ожидаемый набор столбцов, как ранее говорилось в описании `dblink`.

Замечания

При несовпадении числа возвращаемых столбцов, определённого в предложении `FROM`, с фактическим числом столбцов, возвращённых удалённым курсором, выдаётся ошибка. В этом случае удалённый курсор всё равно продвигается на столько строк, на сколько он продвинулся бы, если бы ошибка не произошла. То же самое верно для любых других ошибок, происходящих при локальной обработке результатов после выполнения удалённой команды `FETCH`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)
```

```
SELECT dblink_open('foo', 'select pronom, prosrc from pg_proc where pronom like
''bytea%'');
dblink_open
-----
```


OK
(1 row)

```
SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname | source
-----+-----
 byteacat | byteacat
 byteacmp | byteacmp
 byteaeq  | byteaeq
 byteage  | byteage
 byteagt  | byteagt
(5 rows)
```

```
SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname | source
-----+-----
 byteain  | byteain
 byteale  | byteale
 bytealike | bytealike
 bytealt  | bytealt
 byteane  | byteane
(5 rows)
```

```
SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname | source
-----+-----
 byteanlike | byteanlike
 byteaout   | byteaout
(2 rows)
```

```
SELECT * FROM dblink_fetch('foo', 5) AS (funcname name, source text);
 funcname | source
-----+-----
(0 rows)
```

dblink_close

`dblink_close` — закрывает курсор в текущей базе данных

Синтаксис

```
dblink_close(text cursorname [, bool fail_on_error]) returns text
dblink_close(text connname, text cursorname [, bool fail_on_error]) returns text
```

Описание

`dblink_close` закрывает курсор, ранее открытый функцией `dblink_open`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения; опустите этот параметр, чтобы использовать безымянное подключение.

cursorname

Имя курсора, который будет закрыт.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и возвращаемым значением функции будет `ERROR`.

Возвращаемое значение

Возвращает состояние, `OK` или `ERROR`.

Замечания

Если вызов `dblink_open` начал явный блок транзакции и это последний открытый курсор, оставшийся в этом подключении, то `dblink_close` выполнит соответствующую команду `COMMIT`.

Примеры

```
SELECT dblink_connect('dbname=postgres options=-csearch_path=');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)

SELECT dblink_open('foo', 'select proname, prosrc from pg_proc');
dblink_open
-----
OK
(1 row)

SELECT dblink_close('foo');
dblink_close
-----
OK
(1 row)
```

dblink_get_connections

`dblink_get_connections` — возвращает имена всех открытых именованных подключений `dblink`

Синтаксис

```
dblink_get_connections() returns text[]
```

Описание

`dblink_get_connections` возвращает массив имён всех открытых именованных подключений `dblink`.

Возвращаемое значение

Возвращает текстовый массив имён подключений, либо NULL, если они отсутствуют.

Примеры

```
SELECT dblink_get_connections();
```

dblink_error_message

`dblink_error_message` — выдаёт сообщение последней ошибки для именованного подключения

Синтаксис

```
dblink_error_message(text connname) returns text
```

Описание

`dblink_error_message` извлекает самое последнее сообщение удалённой ошибки для заданного подключения.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает сообщение последней ошибки, либо пустую строку, если в сеансе этого подключения не было ошибок.

Примеры

```
SELECT dblink_error_message('dtest1');
```

dblink_send_query

`dblink_send_query` — передаёт асинхронный запрос в удалённую базу данных

Синтаксис

```
dblink_send_query(text connname, text sql) returns int
```

Описание

`dblink_send_query` передаёт запрос для асинхронного выполнения, то есть не дожидается получения результата. С этим подключением не должен быть связан уже выполняющийся асинхронный запрос.

После успешной передачи асинхронного запроса состояние его завершения можно проверять, вызывая функцию `dblink_is_busy`, и в итоге получать данные, вызвав `dblink_get_result`. Также можно попытаться отменить активный асинхронный запрос, вызвав `dblink_cancel_query`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

sql

Оператор SQL, который вы хотите выполнить в удалённой базе данных, например `select * from pg_class`.

Возвращаемое значение

Возвращает 1, если запрос был успешно отправлен на обработку, или 0 в противном случае.

Примеры

```
SELECT dblink_send_query('dtest1', 'SELECT * FROM foo WHERE f1 < 3');
```

dblink_is_busy

`dblink_is_busy` — проверяет, не выполняется ли через подключение асинхронный запрос

Синтаксис

```
dblink_is_busy(text connname) returns int
```

Описание

`dblink_is_busy` проверяет, не выполняется ли асинхронный запрос.

Аргументы

connname

Имя проверяемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает 1, если подключение занято, или 0 в противном случае. Если эта функция возвращает 0, гарантируется, что вызов `dblink_get_result` не будет заблокирован.

Примеры

```
SELECT dblink_is_busy('dtest1');
```

dblink_get_notify

dblink_get_notify — выдаёт асинхронные уведомления подключения

Синтаксис

```
dblink_get_notify() returns setof (notify_name text, be_pid int, extra text)
dblink_get_notify(text connname) returns setof (notify_name text, be_pid int, extra
text)
```

Описание

dblink_get_notify выдаёт уведомления либо безымянного подключения, либо подключения с заданным именем. Чтобы получать уведомления через dblink, необходимо сначала выполнить LISTEN, воспользовавшись функцией dblink_exec. За подробностями обратитесь к LISTEN и NOTIFY.

Аргументы

connname

Имя именованного подключения, уведомления которого нужно получить.

Возвращаемое значение

Возвращает setof (notify_name text, be_pid int, extra text) или пустой набор, если уведомлений нет.

Примеры

```
SELECT dblink_exec('LISTEN virtual');
dblink_exec
-----
LISTEN
(1 row)
```

```
SELECT * FROM dblink_get_notify();
notify_name | be_pid | extra
-----+-----+-----
(0 rows)
```

```
NOTIFY virtual;
NOTIFY
```

```
SELECT * FROM dblink_get_notify();
notify_name | be_pid | extra
-----+-----+-----
virtual     | 1229   |
(1 row)
```

dblink_get_result

`dblink_get_result` — получает результат асинхронного запроса

Синтаксис

```
dblink_get_result(text connname [, bool fail_on_error]) returns setof record
```

Описание

`dblink_get_result` получает результаты асинхронного запроса, запущенного ранее вызовом `dblink_send_query`. Если запрос ещё выполняется, `dblink_get_result` будет ждать его завершения.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

fail_on_error

Если равен `true` (это значение по умолчанию), в случае ошибки, выданной на удалённой стороне соединения, ошибка также выдаётся локально. Если равен `false`, удалённая ошибка выдаётся локально как ЗАМЕЧАНИЕ, и функция не возвращает строки.

Возвращаемое значение

Для асинхронного запроса (то есть, SQL-оператора, возвращающего строки) эта функция выдаёт строки, полученные в результате запроса. Чтобы использовать эту функцию, вы должны задать ожидаемый набор столбцов, как ранее говорилось в описании `dblink`.

Для асинхронной команды (то есть, SQL-оператора, не возвращающего строки), эта функция возвращает одну строку с одним текстовым столбцом, содержащим строку состояния команды. Для такого вызова в предложении `FROM` так же необходимо определить, что результат будет содержать один текстовый столбец.

Замечания

Эта функция *должна* вызываться, если `dblink_send_query` возвращает 1. Её нужно вызывать по одному разу для каждого отправленного запроса, а затем ещё раз для получения пустого набора данных, прежде чем подключением можно будет пользоваться снова.

Когда используются `dblink_send_query` и `dblink_get_result`, подсистема `dblink` получает весь набор удалённых результатов, прежде чем передавать его для локальной обработки. Если запрос возвращает большое количество строк, это может занимать много памяти в локальном сеансе. Поэтому может быть лучше открыть такой запрос как курсор, вызвав `dblink_open`, а затем выбирать результаты удобоваримыми порциями. Кроме того, можно воспользоваться простой функцией `dblink()`, которая не допускает заполнения памяти, выгружая большие наборы результатов на диск.

Примеры

```
contrib_regression=# SELECT dblink_connect('dtest1', 'dbname=contrib_regression');
dblink_connect
-----
OK
(1 row)

contrib_regression=# SELECT * FROM
```



```
contrib_regression=# dblink_send_query('dtest1', 'select * from foo where f1 < 3') AS
t1;
t1
----
 1
(1 row)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
f3 text[]);
 f1 | f2 |      f3
-----+-----+-----
  0 | a  | {a0,b0,c0}
  1 | b  | {a1,b1,c1}
  2 | c  | {a2,b2,c2}
(3 rows)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
f3 text[]);
 f1 | f2 | f3
-----+-----+-----
(0 rows)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM
contrib_regression=# dblink_send_query('dtest1', 'select * from foo where f1 < 3;
select * from foo where f1 > 6') AS t1;
t1
----
 1
(1 row)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
f3 text[]);
 f1 | f2 |      f3
-----+-----+-----
  0 | a  | {a0,b0,c0}
  1 | b  | {a1,b1,c1}
  2 | c  | {a2,b2,c2}
(3 rows)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
f3 text[]);
 f1 | f2 |      f3
-----+-----+-----
  7 | h  | {a7,b7,c7}
  8 | i  | {a8,b8,c8}
  9 | j  | {a9,b9,c9}
 10 | k  | {a10,b10,c10}
(4 rows)
```

```
contrib_regression=# SELECT * FROM dblink_get_result('dtest1') AS t1(f1 int, f2 text,
f3 text[]);
 f1 | f2 | f3
-----+-----+-----
(0 rows)
```

dblink_cancel_query

`dblink_cancel_query` — отменяет любой активный запрос в заданном подключении

Синтаксис

```
dblink_cancel_query(text connname) returns text
```

Описание

Функция `dblink_cancel_query` пытается отменить любой запрос, выполняющийся через заданное подключение. Заметьте, что её вызов не обязательно будет успешным (например, потому что удалённый запрос уже завершился). Запрос отмены просто увеличивает шансы того, что выполняющийся запрос будет вскоре прерван. При этом всё равно нужно завершить обычную процедуру обработки запроса, например, вызвать `dblink_get_result`.

Аргументы

connname

Имя используемого подключения.

Возвращаемое значение

Возвращает ОК, если запрос отмены был отправлен, либо текст сообщения об ошибке в случае неудачи.

Примеры

```
SELECT dblink_cancel_query('dtest1');
```

dblink_get_pkey

`dblink_get_pkey` — возвращает позиции и имена полей первичного ключа отношения

Синтаксис

```
dblink_get_pkey(text relname) returns setof dblink_pkey_results
```

Описание

Функция `dblink_get_pkey` выдаёт информацию о первичном ключе отношения в локальной базе данных. Иногда это полезно при формировании запросов, отправляемых в удалённые базы данных.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

Возвращаемое значение

Возвращает одну строку для каждого поля первичного ключа, либо не возвращает строк, если в отношении нет первичного ключа. Тип результирующей строки определён как

```
CREATE TYPE dblink_pkey_results AS (position int, colname text);
```

В столбце `position` содержится число от 1 до *N*; это номер поля в первичном ключе, а не номер столбца в списке столбцов таблицы.

Примеры

```
CREATE TABLE foobar (  
    f1 int,  
    f2 int,  
    f3 int,  
    PRIMARY KEY (f1, f2, f3)  
);  
CREATE TABLE  
  
SELECT * FROM dblink_get_pkey('foobar');  
position | colname  
-----+-----  
        1 | f1  
        2 | f2  
        3 | f3  
(3 rows)
```

dblink_build_sql_insert

`dblink_build_sql_insert` — формирует оператор `INSERT` из локального кортежа, заменяя значения полей первичного ключа переданными альтернативными значениями

Синтаксис

```
dblink_build_sql_insert(text relname,  
                        int2vector primary_key_attnums,  
                        integer num_primary_key_atts,  
                        text[] src_pk_att_vals_array,  
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_insert` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она выбирает строку из локальной таблицы по заданному первичному ключу, а затем формирует SQL-команду `INSERT`, дублирующую эту строку, но заменяет в ней значения первичного ключа данными из последнего аргумента. (Чтобы получить точную копию строки, просто укажите одинаковые значения в двух последних аргументах.)

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

src_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, по которым будет выполняться поиск локального кортежа. Каждое поле здесь представляется в текстовом виде. Если локальной строки с этими значениями первичного ключа нет, выдаётся ошибка.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут помещены в результирующую команду `INSERT`. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Замечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_insert('foo', '1 2', 2, '{"1", "a"}', '{"1", "b''a"}');
```

dblink_build_sql_insert

INSERT INTO foo(f1,f2,f3) VALUES('1','b' 'a','1')
(1 row)

dblink_build_sql_delete

`dblink_build_sql_delete` — формирует оператор DELETE со значениями, передаваемыми для полей первичного ключа

Синтаксис

```
dblink_build_sql_delete(text relname,  
                        int2vector primary_key_attnums,  
                        integer num_primary_key_atts,  
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_delete` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она формирует SQL-команду DELETE, которая удалит строку с заданными значениями первичного ключа.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mycat`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут использоваться в результирующей команде DELETE. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Замечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_delete('MyFoo', '1 2', 2, '{"1", "b"}');  
      dblink_build_sql_delete  
-----  
DELETE FROM "MyFoo" WHERE f1='1' AND f2='b'  
(1 row)
```

dblink_build_sql_update

`dblink_build_sql_update` — формирует оператор UPDATE из локального кортежа, заменяя значения первичного ключа переданными альтернативными значениями

Синтаксис

```
dblink_build_sql_update(text relname,  
                        int2vector primary_key_attnums,  
                        integer num_primary_key_atts,  
                        text[] src_pk_att_vals_array,  
                        text[] tgt_pk_att_vals_array) returns text
```

Описание

Функция `dblink_build_sql_update` может быть полезна при избирательной репликации локальной таблицы с удалённой базой данных. Она выбирает строку из локальной таблицы по заданному первичному ключу, а затем формирует SQL-команду UPDATE, дублирующую эту строку, но заменяющую в ней значения первичного ключа данными из последнего аргумента. (Чтобы получить точную копию строки, просто укажите одинаковые значения в двух последних аргументах.) Команда UPDATE всегда присваивает значения всем полям строки — основное отличие этой функции от `dblink_build_sql_insert` в том, что она предполагает, что целевая строка уже существует в удалённой таблице.

Аргументы

relname

Имя локального отношения, например `foo` или `myschema.mytab`. Заключите его в двойные кавычки, если это имя в смешанном регистре или содержит специальные символы, например `"FooBar"`; без кавычек эта строка приводится к нижнему регистру.

primary_key_attnums

Номера атрибутов (начиная с 1) полей первичного ключа, например `1 2`.

num_primary_key_atts

Число полей первичного ключа.

src_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, по которым будет выполняться поиск локального кортежа. Каждое поле здесь представляется в текстовом виде. Если локальной строки с этими значениями первичного ключа нет, выдаётся ошибка.

tgt_pk_att_vals_array

Значения полей первичного ключа, которые будут помещены в результирующую команду UPDATE. Каждое поле представляется в текстовом виде.

Возвращаемое значение

Возвращает запрошенный SQL-оператор в текстовом виде.

Замечания

Начиная с PostgreSQL 9.0, номера атрибутов в *primary_key_attnums* воспринимаются как логические номера столбцов, соответствующие позициям столбцов в `SELECT * FROM relname`. Предыдущие версии воспринимали эти номера как физические позиции столбцов. Отличие этих подходов проявляется, когда на протяжении жизни таблицы из неё удаляются столбцы левее указанных.

Примеры

```
SELECT dblink_build_sql_update('foo', '1 2', 2, '{"1", "a"}', '{"1", "b"}');
```

```
dblink_build_sql_update
```

```
-----  
UPDATE foo SET f1='1',f2='b',f3='1' WHERE f1='1' AND f2='b'  
(1 row)
```

F.11. dict_int

Модуль `dict_int` представляет собой пример дополнительного шаблона словаря для полнотекстового поиска. Этот словарь был создан для управляемой индексации целых чисел (со знаком и без); он позволяет индексировать такие числа и при этом избежать чрезмерного разрастания списка уникальных слов, и тем самым значительно увеличивает скорость поиска.

F.11.1. Конфигурирование

Этот словарь принимает два параметра:

- Параметр `maxlen` задаёт максимальное число цифр, из которого может состоять целое число. Значение по умолчанию — 6.
- Параметр `rejectlong` определяет, должны ли чрезмерно длинные числа усекаться или игнорироваться. Если `rejectlong` имеет значение `false` (по умолчанию), этот словарь возвращает первые `maxlen` цифр целого числа. Если `rejectlong` равен `true`, чрезмерное длинное целое воспринимается как стоп-слово, и в результате не индексируется. Заметьте, это означает, что такое целое нельзя будет найти.

F.11.2. Использование

При установке расширения `dict_int` в базе создаётся шаблон текстового поиска `intdict_template` и словарь `intdict` на его базе, с параметрами по умолчанию. Вы можете изменить параметры словаря, например так:

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY intdict (MAXLEN = 4, REJECTLONG = true);  
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

или создать новые словари на базе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb# select ts_lexize('intdict', '12345678');  
ts_lexize  
-----  
{123456}
```

Но для практического применения его нужно включить в конфигурацию текстового поиска, как описано в Главе 12. Это может выглядеть примерно так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english  
  ALTER MAPPING FOR int, uint WITH intdict;
```

F.12. dict_xsyn

Модуль `dict_xsyn` (Extended Synonym Dictionary, расширенный словарь синонимов) представляет собой пример дополнительного шаблона словаря для полнотекстового поиска. Этот словарь заменяет слова группами их синонимов, что позволяет находить слово по одному из его синонимов.

F.12.1. Конфигурирование

Словарь `dict_xsyn` принимает следующие параметры:

- Параметр `matchorig` определяет, будет ли словарь принимать изначальное слово. По умолчанию он включён (имеет значение `true`).
- Параметр `matchsynonyms` определяет, будет ли словарь принимать синонимы. По умолчанию он отключён (имеет значение `false`).

- Параметр `keeporig` определяет, будет ли исходное слово включаться в вывод словаря. По умолчанию он включён (имеет значение `true`).
- Параметр `keepsynonyms` определяет, будут ли в вывод словаря включаться синонимы. По умолчанию он включён (имеет значение `true`).
- Параметр `rules` задаёт базовое имя файла со списком синонимов. Этот файл должен находиться в каталоге `$$SHAREDIR/tsearch_data/` (где под `$$SHAREDIR` понимается каталог с общими данными инсталляции PostgreSQL). Имя файла должно заканчиваться расширением `.rules` (которое не нужно указывать в параметре `rules`).

Файл правил имеет следующий формат:

- Каждая строка представляет группу синонимов для одного слова, которое задаётся первым в этой строке. Символы разделяются пробельными символами, так что строка выглядит так:
`word syn1 syn2 syn3`
- Символ решётки (`#`) обозначает начало комментария. Он может находиться в любом месте строки. Следующая за ним часть строки игнорируется.

Пример словаря можно найти в файле `xsyn_sample.rules`, устанавливаемом в `$$SHAREDIR/tsearch_data/`.

F.12.2. Использование

При установке расширения `dict_xsyn` в базе создаётся шаблон текстового поиска `xsyn_template` и словарь `xsyn` на его базе, с параметрами по умолчанию. Вы можете изменить параметры словаря, например так:

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=false);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

или создать новые словари на базе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'word');
      ts_lexize
-----
{syn1,syn2,syn3}
```

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=true);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

```
mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'word');
      ts_lexize
-----
{word,syn1,syn2,syn3}
```

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=false,
MATCHSYNONYMS=true);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

```
mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'syn1');
      ts_lexize
-----
{syn1,syn2,syn3}
```

```
mydb# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY xsyn (RULES='my_rules', KEEPORIG=true,
MATCHORIG=false, KEEPSYNONYMS=false);
ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY
```

```
mydb=# SELECT ts_lexize('xsyn', 'syn1');
```

```
ts_lexize
```

```
{word}
```

Но для практического применения его нужно включить в конфигурацию текстового поиска, как описано в Главе 12. Это может выглядеть примерно так:

```
ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION english
ALTER MAPPING FOR word, asciiword WITH xsyn, english_stem;
```

F.13. earthdistance

Модуль `earthdistance` реализует два разных варианта вычисления ортодромии (расстояния между точками на поверхности Земли). Описанный первым вариант зависит от модуля `cube` (который *должен* быть установлен, чтобы можно было установить `earthdistance`). Второй вариант основан на встроенном типе данных `point`, в котором в качестве координат задаётся широта и долгота.

В этом модуле Земля считается идеальной сферой. (Если для вас это слишком грубо, обратите внимание на проект *PostGIS project*.)

F.13.1. Земные расстояния по кубам

Данные хранятся в кубах, представляющих точки (оба угла куба совпадают) по 3 координатам, выражающим смещения x , y и z от центра Земли. Этот модуль предоставляет домен `earth` на базе `cube`, включающий проверки того, что значение соответствует этим ограничениям и представляет точку, достаточно близкую к сферической поверхности Земли.

Радиус Земли выдаёт функция `earth()` (в метрах). Изменив одну эту функцию, вы можете сделать так, чтобы модуль работал с другими единицами, либо выдать другое значение радиуса, которое кажется вам более подходящим.

Этот пакет может также применяться и для астрономических расчётов. Астрономы обычно меняют функцию `earth()`, чтобы она возвращала радиус, равный $180/\pi()$, и расстояния в результате выдавались в градусах.

В этом модуле реализованы функции для ввода данных, выражающих широту и долготу (в градусах), для вывода ширины и долготы, для вычисления ортодромии между двумя точками и простого указания окружающего прямоугольника, что полезно для поиска по индексу.

Предоставляемые этим модулем функции показаны в Таблица F.5.

Таблица F.5. Функции земных расстояний по кубам

Функция	Возвращает	Описание
<code>earth()</code>	<code>float8</code>	Возвращает предполагаемый радиус Земли.
<code>sec_to_gc(float8)</code>	<code>float8</code>	Переводит расстояние по обычной прямой (по секущей) между двумя точками на поверхности Земли в расстояние между ними по сфере.
<code>gc_to_sec(float8)</code>	<code>float8</code>	Переводит расстояние по сфере между двумя точками на поверхности Земли в расстояние по обычной прямой (по секущей) между ними.
<code>ll_to_earth(float8, float8)</code>	<code>earth</code>	Возвращает положение точки на поверхности Земли по заданной широте (аргумент 1) и долготе (аргумент 2) в градусах.

Функция	Возвращает	Описание
<code>latitude(earth)</code>	<code>float8</code>	Возвращает широту (в градусах) точки на поверхности Земли.
<code>longitude(earth)</code>	<code>float8</code>	Возвращает долготу (в градусах) точки на поверхности Земли.
<code>earth_distance(earth, earth)</code>	<code>float8</code>	Возвращает расстояние по сфере между двумя точками на поверхности Земли.
<code>earth_box(earth, float8)</code>	<code>cube</code>	Возвращает охватывающий куб, подходящий для поиска по индексу с применением оператора кубов @> точек в пределах заданной ортодромии от цели. Некоторые точки в этом кубе будут отстоять от цели дальше, чем на заданную ортодромию, поэтому в запрос нужно включить вторую проверку с функцией <code>earth_distance</code> .

F.13.2. Земные расстояния по точкам

Вторая часть этого модуля основана на представлении точек на Земле в виде значений типа `point`, в которых первый компонент представляет долготу в градусах, а второй — широту. Точки воспринимаются как (долгота, широта), а не наоборот, так как долгота ближе к интуитивному представлению как оси X, а широта — оси Y.

В модуле реализован один оператор, показанный в Таблице F.6.

Таблица F.6. Операторы земных расстояний по точкам

Оператор	Возвращает	Описание
<code>point <@> point</code>	<code>float8</code>	Выдаёт расстояние в сухопутных милях между точками на поверхности Земли.

Заметьте, что в этой части модуля, в отличие от части, построенной на `cube`, единицы защиты жёстко: изменение функции `earth()` не повлияет на результат этого оператора.

Представление в виде долготы/широты плохо тем, что вам придётся учитывать граничные условия возле полюсов и в районе +/- 180 градусов долготы. Представление на базе `cube` лишено таких нарушений непрерывности.

F.14. file_fdw

Модуль `file_fdw` реализует обёртку сторонних данных `file_fdw`, с помощью которой можно обращаться к файлам данных в файловой системе сервера или выполнять программы на сервере и читать их вывод. Файлы и вывод программ должны быть в формате, который понимает команда `COPY FROM`; он рассматривается в описании `COPY`. В настоящее время файлы доступны только для чтения.

Для сторонней таблицы, создаваемой через эту обёртку, можно задать следующие параметры:

`filename`

Определяет имя файла, который нужно прочитать. Это имя должно задаваться абсолютным путём. Необходимо определить либо параметр `filename`, либо `program`, но не оба сразу.

`program`

Определяет команду, которая будет выполнена. Поток стандартного вывода этой команды будет прочитан так же, как и с `COPY FROM PROGRAM`. Необходимо определить либо параметр `program`, либо `filename`, но не оба сразу.

`format`

Определяет формат файла (аналогично указанию `FORMAT` в команде `COPY`).

`header`

Указывает, что данные содержат строку заголовка с именами столбцов (аналогично указанию `HEADER` в команде `COPY`).

`delimiter`

Задаёт символ, разделяющий столбцы в данных (аналогично указанию `DELIMITER` в команде `COPY`).

`quote`

Задаёт символ, используемый для заключения данных в кавычки (аналогично указанию `QUOTE` в команде `COPY`).

`escape`

Задаёт символ, используемый для экранирования данных (аналогично указанию `ESCAPE` в команде `COPY`).

`null`

Определяет строку, задающую значение `NULL` в данных (аналогично указанию `NULL` в команде `COPY`).

`encoding`

Задаёт кодировку данных (аналогично указанию `ENCODING` в команде `COPY`).

Заметьте, что хотя `COPY` принимает указания, такие как `HEADER`, без соответствующего значения, синтаксис обёртки сторонних данных требует, чтобы значение присутствовало во всех случаях. Чтобы активировать указания `COPY`, которым значение обычно не передаётся, им можно просто передать значение `TRUE`, так как все они являются логическими.

Для столбцов сторонней таблицы, создаваемой через эту обёртку, можно задать следующие параметры:

`force_not_null`

Логическое значение. Если `true`, то значение столбца не должно сверяться со значением `NULL` (заданным в параметре `null` на уровне таблицы). Аналогично включению столбца в список указания `FORCE_NOT_NULL` команды `COPY`.

`force_null`

Логическое значение. Если `true`, значения столбцов нужно сверять со значением `NULL` (заданным в параметре `NULL`), даже если они заключены в кавычки. Без этого параметра только значения без кавычек, соответствующие значению `null`, будут возвращаться как `NULL`. Аналогично включению столбца в список указания `FORCE_NULL` команды `COPY`.

В настоящий момент `file_fdw` не поддерживает указания `OIDS` и `FORCE_QUOTE` команды `COPY`.

Перечисленные параметры применимы только для сторонних таблиц или их столбцов. Их нельзя указать для обёртки сторонних данных `file_fdw`, серверов или сопоставлений пользователей, использующих эту обёртку.

Для изменения параметров, определяемых для таблицы, требуется быть суперпользователем или иметь права стандартной роли `pg_read_server_files` (для указания имени файла) или стандартной роли `pg_execute_server_programs` (для указания программы). Это сделано в целях безопасности: только избранные пользователи должны выбирать, какой файл читать или какую программу запускать. В принципе право изменения остальных параметров можно предоставить и обычным пользователям, но в настоящий момент это не реализовано.

Задавая параметр `program`, помните, что эта строка выполняется оболочкой ОС. Если вы хотите передавать заданной команде параметры из недоверенного источника, позаботьтесь об исключении или экранировании всех символов, которые могут иметь особое назначение в оболочке. По соображениям безопасности лучше, чтобы эта командная строка была фиксированной или как минимум в ней не передавались данные, поступающие от пользователя.

Для сторонних таблиц, работающих через `file_fdw`, команда `EXPLAIN` показывает имя используемого файла или запускаемой программы. Если не указывать `COSTS OFF`, то выводится и размер файла (в байтах).

Пример F.1. Создание сторонней таблицы для журнала сервера PostgreSQL

Одно из очевидных применений `file_fdw` это предоставление доступа к журналу сообщений PostgreSQL как к таблице. Для этого необходимо предварительно настроить вывод сообщений в файл CSV (далее мы будем считать, что это файл `pglog.csv`). Сначала установите расширение `file_fdw`:

```
CREATE EXTENSION file_fdw;
```

Затем создайте сторонний сервер:

```
CREATE SERVER pglog FOREIGN DATA WRAPPER file_fdw;
```

Всё готово для создания сторонней таблицы. В команде `CREATE FOREIGN TABLE` нужно перечислить столбцы таблицы, указать файл CSV и его формат:

```
CREATE FOREIGN TABLE pglog (  
    log_time timestamp(3) with time zone,  
    user_name text,  
    database_name text,  
    process_id integer,  
    connection_from text,  
    session_id text,  
    session_line_num bigint,  
    command_tag text,  
    session_start_time timestamp with time zone,  
    virtual_transaction_id text,  
    transaction_id bigint,  
    error_severity text,  
    sql_state_code text,  
    message text,  
    detail text,  
    hint text,  
    internal_query text,  
    internal_query_pos integer,  
    context text,  
    query text,  
    query_pos integer,  
    location text,  
    application_name text  
) SERVER pglog  
OPTIONS ( filename '/home/josh/data/log/pglog.csv', format 'csv' );
```

Вот и всё. Теперь для просмотра журнала сервера можно просто выполнять запросы к таблице. В производственной среде, разумеется, ещё потребуется как-то учесть ротацию файлов журнала.

F.15. fuzzystmatch

Модуль `fuzzystmatch` содержит несколько функций для вычисления схожести и расстояния между строками.

Внимание

В настоящее время функции `soundex`, `metaphone`, `dmetaphone` и `dmetaphone_alt` плохо работают с многобайтными кодировками (в частности, с UTF-8).

F.15.1. Soundex

Система Soundex позволяет вычислить похожие по звучанию имена, приводя их к одинаковым кодам. Изначально она использовалась для обработки данных переписи населения США в 1880, 1900 и 1910 г. Заметьте, что эта система не очень полезна для неанглоязычных имён.

Модуль `fuzzystmatch` предоставляет две функции для работы с кодами Soundex:

```
soundex(text) returns text  
difference(text, text) returns int
```

Функция `soundex` преобразует строку в код Soundex. Функция `difference` преобразует две строки в их коды Soundex и затем сообщает количество совпадающих позиций в этих кодах. Так как коды Soundex состоят из четырёх символов, результатом может быть число от нуля до четырёх (0 обозначает полное несоответствие, а 4 — точное совпадение). (Таким образом, имя этой функции не вполне корректное — лучшим именем для неё было бы `similarity`.)

Несколько примеров использования:

```
SELECT soundex('hello world!');
```

```
SELECT soundex('Anne'), soundex('Ann'), difference('Anne', 'Ann');  
SELECT soundex('Anne'), soundex('Andrew'), difference('Anne', 'Andrew');  
SELECT soundex('Anne'), soundex('Margaret'), difference('Anne', 'Margaret');
```

```
CREATE TABLE s (nm text);
```

```
INSERT INTO s VALUES ('john');  
INSERT INTO s VALUES ('joan');  
INSERT INTO s VALUES ('wobbly');  
INSERT INTO s VALUES ('jack');
```

```
SELECT * FROM s WHERE soundex(nm) = soundex('john');
```

```
SELECT * FROM s WHERE difference(s.nm, 'john') > 2;
```

F.15.2. Левенштейн

Эта функция вычисляет расстояние Левенштейна между двумя строками:

```
levenshtein(text source, text target, int ins_cost, int del_cost, int sub_cost) returns  
int  
levenshtein(text source, text target) returns int  
levenshtein_less_equal(text source, text target, int ins_cost, int del_cost, int  
sub_cost, int max_d) returns int  
levenshtein_less_equal(text source, text target, int max_d) returns int
```

И в `source`, и в `target` может быть передана любая строка, отличная от `NULL`, не длиннее 255 символов. Параметры стоимости (`ins_cost`, `del_cost`, `sub_cost`) определяют цену добавления, удале-

ния или замены символов, соответственно. Эти параметры можно опустить, как во второй версии функции; в этом случае все они по умолчанию равны 1.

Функция `levenshtein_less_equal` является ускоренной версией функции Левенштейна, предназначенной для использования, только когда интерес представляют небольшие расстояния. Если фактическое расстояние меньше или равно `max_d`, то `levenshtein_less_equal` возвращает точное его значение; в противном случае она возвращает значение, большее чем `max_d`. Если значение `max_d` отрицательное, она работает так же, как функция `levenshtein`.

Примеры:

```
test=# SELECT levenshtein('GUMBO', 'GAMBOL');
 levenshtein
-----
                2
(1 row)

test=# SELECT levenshtein('GUMBO', 'GAMBOL', 2, 1, 1);
 levenshtein
-----
                3
(1 row)

test=# SELECT levenshtein_less_equal('extensive', 'exhaustive', 2);
 levenshtein_less_equal
-----
                        3
(1 row)

test=# SELECT levenshtein_less_equal('extensive', 'exhaustive', 4);
 levenshtein_less_equal
-----
                        4
(1 row)
```

F.15.3. Metaphone

Metaphone, как и Soundex, построен на идее составления кода, представляющего входную строку. Две строки признаются похожими, если их коды совпадают.

Эта функция вычисляет код метафона входной строки:

```
metaphone(text source, int max_output_length) returns text
```

В качестве `source` должна передаваться строка, отличная от NULL, не длиннее 255 символов. Параметр `max_output_length` задаёт максимальную длину выходного кода метафона; если код оказывается длиннее, он обрезается до этой длины.

Пример:

```
test=# SELECT metaphone('GUMBO', 4);
 metaphone
-----
      KM
(1 row)
```

F.15.4. Double Metaphone

Алгоритм Double Metaphone (Двойной метафон) вычисляет две строки «похожего звучания» для заданной строки — «первичную» и «альтернативную». В большинстве случаев они совпадают, но

для неанглоязычных имён в особенности они могут быть весьма различными, в зависимости от произношения. Эти функции вычисляют первичный и альтернативный коды:

```
dmetaphone(text source) returns text  
dmetaphone_alt(text source) returns text
```

Длина входных строк может быть любой.

Пример:

```
test=# SELECT dmetaphone('gumbo');  
dmetaphone  
-----  
KMP  
(1 row)
```

F.16. hstore

Этот модуль реализует тип данных `hstore` для хранения пар ключ/значение внутри одного значения PostgreSQL. Это может быть полезно в самых разных сценариях, например для хранения строк со множеством редко анализируемых атрибутов или частично структурированных данных. Ключи и значения задаются простыми текстовыми строками.

F.16.1. Внешнее представление `hstore`

Текстовое представление типа `hstore`, применяемое для ввода и вывода, включает ноль или более пар *ключ => значение*, разделённых запятыми. Несколько примеров:

```
k => v  
foo => bar, baz => whatever  
"1-a" => "anything at all"
```

Порядок пар не имеет значения (и может не воспроизводиться при выводе). Пробелы между парами и вокруг знака `=>` игнорируются. Ключи и значения, содержащие пробелы, запятые и знаки `=` или `>`, нужно заключать в двойные кавычки. Если в ключ или значение нужно вставить символ кавычек или обратную косую черту, добавьте перед ним обратную косую черту.

Все ключи в `hstore` уникальны. Если вы объявите тип `hstore` с дублирующимися ключами, в `hstore` будет сохранён только один ключ без гарантии определённого выбора:

```
SELECT 'a=>1,a=>2'::hstore;  
hstore  
-----  
"a"=>"1"
```

В качестве значения (но не ключа) может задаваться SQL `NULL`. Например:

```
key => NULL
```

В ключевом слове `NULL` регистр не имеет значения. Если требуется, чтобы текст `NULL` воспринимался как обычная строка «`NULL`», заключите его в кавычки.

Примечание

Учтите, что когда текстовый формат `hstore` используется для ввода данных, он применяется до обработки кавычек или спецсимволов. Таким образом, если значение `hstore` передаётся в параметре, дополнительная обработка не требуется. Но если вы передаёте его в виде строковой константы, то все символы апострофов и (в зависимости от параметра конфигурации `standard_conforming_strings`) обратной косой черты нужно корректно экранировать. Подробнее о записи строковых констант можно узнать в Подразделе 4.1.2.1.

При выводе значения и ключи всегда заключаются в кавычки, даже когда без этого можно обойтись.

F.16.2. Операторы и функции hstore

Реализованные в модуле hstore операторы перечислены в Таблице F.7, функции — в Таблице F.8.

Таблица F.7. Операторы hstore

Оператор	Описание	Пример	Результат
hstore -> text	выдаёт значение для ключа (или NULL при его отсутствии)	'a=>x, b=>y'::hstore -> 'a'	x
hstore -> text[]	выдаёт значения для ключей (или NULL при их отсутствии)	'a=>x, b=>y, c=>z'::hstore -> ARRAY['c', 'a']	{ "z", "x" }
hstore hstore	объединяет два набора hstore	'a=>b, c=>d'::hstore 'c=>x, d=>q'::hstore	"a"=>"b", "c"=>"x", "d"=>"q"
hstore ? text	набор hstore включает ключ?	'a=>1'::hstore ? 'a'	t
hstore ?& text[]	набор hstore включает все указанные ключи?	'a=>1, b=>2'::hstore ?& ARRAY['a', 'b']	t
hstore ? text[]	набор hstore включает какой-либо из указанных ключей?	'a=>1, b=>2'::hstore ? ARRAY['b', 'c']	t
hstore @> hstore	левый операнд включает правый?	'a=>b, b=>1, c=>NULL'::hstore @> 'b=>1'	t
hstore <@ hstore	левый операнд включён в правый?	'a=>c'::hstore <@ 'a=>b, b=>1, c=>NULL'	f
hstore - text	удаляет ключ из левого операнда	'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'b'::text	"a"=>"1", "c"=>"3"
hstore - text[]	удаляет ключи из левого операнда	'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - ARRAY['a', 'b']	"c"=>"3"
hstore - hstore	удаляет соответствующие пары из левого операнда	'a=>1, b=>2, c=>3'::hstore - 'a=>4, b=>2'::hstore	"a"=>"1", "c"=>"3"
record #= hstore	заменяет поля в record соответствующими значениями из hstore	см. раздел Примеры	
% hstore	преобразует hstore в массив перемежающихся ключей и значений	% 'a=>foo, b=>bar'::hstore	{a, foo, b, bar}
%# hstore	преобразует hstore в двумерный массив ключей/значений	%# 'a=>foo, b=>bar'::hstore	{{a, foo}, {b, bar}}

Примечание

До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения @> и <@ обозначались соответственно как @ и ~. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали геометрические типы данных!

Таблица F.8. Функции hstore

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
hstore(record)	hstore	формирует hstore из записи или кортежа	hstore(ROW(1, 2))	f1=>1, f2=>2
hstore(text[])	hstore	формирует hstore из массива, который может содержать попарно ключи/значения, либо быть двумерным массивом	hstore(ARRAY['a', '1', 'b', '2']) hstore(ARRAY[['c', '3'], ['d', '4']])	a=>1, b=>2, c=>3, d=>4
hstore(text[], text[])	hstore	формирует hstore из отдельных массивов ключей и значений	hstore(ARRAY['a', 'b'], ARRAY['1', '2'])	"a"=>"1", "b"=>"2"
hstore(text, text)	hstore	формирует hstore с одним элементом	hstore('a', 'b')	"a"=>"b"
akeys(hstore)	text[]	выдаёт ключи hstore в виде массива	akeys('a=>1, b=>2')	{a,b}
skeys(hstore)	setof text	выдаёт ключи hstore в виде множества	skeys('a=>1, b=>2')	a b
avals(hstore)	text[]	выдаёт ключи hstore в виде массива	avals('a=>1, b=>2')	{1,2}
svals(hstore)	setof text	выдаёт значения hstore в виде множества	svals('a=>1, b=>2')	1 2
hstore_to_array(hstore)	text[]	выдаёт ключи и значения hstore в виде массива перемежающихся ключей и значений	hstore_to_array('a=>1, b=>2')	{a,1,b,2}
hstore_to_matrix(hstore)	text[]	выдаёт ключи и значения hstore в виде двумерного массива	hstore_to_matrix('a=>1, b=>2')	{{a,1},{b,2}}
hstore_to_json(hstore)	json	выдаёт hstore в виде значения json, преобразуя	hstore_to_json('a key=>1, b=>t,	{"a key": "1", "b": "t", "c": null,

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		все отличные от NULL значения в строки JSON	c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')	"d": "12345", "e": "012345", "f": "1.234", "g": "2.345e+4"
hstore_to_jsonb(hstore)	jsonb	выдаёт hstore в виде значения jsonb, преобразуя все отличные от NULL значения в строки JSON	hstore_to_jsonb('a key'=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')	{"a key": "1", "b": "t", "c": null, "d": "12345", "e": "012345", "f": "1.234", "g": "2.345e+4"}
hstore_to_json_loose(hstore)	json	выдаёт hstore в виде значения json, по возможности распознавая числовые и логические значения и передавая их в JSON без кавычек	hstore_to_json_loose('a key'=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')	{"a key": 1, "b": true, "c": null, "d": 12345, "e": "012345", "f": 1.234, "g": 2.345e+4}
hstore_to_jsonb_loose(hstore)	jsonb	выдаёт hstore в виде значения jsonb, по возможности распознавая числовые и логические значения и передавая их в JSON без кавычек	hstore_to_jsonb_loose('a key'=>1, b=>t, c=>null, d=>12345, e=>012345, f=>1.234, g=>2.345e+4')	{"a key": 1, "b": true, "c": null, "d": 12345, "e": "012345", "f": 1.234, "g": 2.345e+4}
slice(hstore, text[])	hstore	извлекает подмножество из hstore	slice('a=>1, b=>2, c=>3'::hstore, ARRAY['b', 'c', 'x'])	"b"=>"2", "c"=>"3"
each(hstore)	setof(key text, value text)	выдаёт ключи и значения hstore в виде множества	select * from each('a=>1, b=>2')	key value -----+----- a 1 b 2
exist(hstore, text)	boolean	набор hstore включает ключ?	exist('a=>1', 'a')	t
defined(hstore, text)	boolean	набор hstore включает для ключа значение, отличное от NULL?	defined('a=>NULL', 'a')	f
delete(hstore, text)	hstore	удаляет пару с соответствующим ключом	delete('a=>1, b=>2', 'b')	"a"=>"1"
delete(hstore, text[])	hstore	удаляет пары с соответствующими ключами	delete('a=>1, b=>2, c=>3', ARRAY['a', 'b'])	"c"=>"3"

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>delete(hstore, hstore)</code>	<code>hstore</code>	удаляет пары, соответствующие парам во втором аргументе	<code>delete('a=>1, b=>2', 'a=>4, b=>2':hstore)</code>	<code>"a"=>"1"</code>
<code>populate_record(record, hstore)</code>	<code>record</code>	заменяет поля в <code>record</code> соответствующими значениями из <code>hstore</code>	см. раздел Примеры	

Примечание

Функция `hstore_to_json` применяется, когда значение `hstore` нужно привести к `json`. Подобным образом, `hstore_to_jsonb` применяется, когда значение `hstore` нужно привести к `jsonb`.

Примечание

Функция `populate_record` на самом деле объявлена как принимающая в первом аргументе `anyelement`, а не `record`, но если ей будет передан не тип записи, она выдаст ошибку.

F.16.3. Индексы

Тип `hstore` поддерживает индексы `GiST` и `GIN` для операторов `@>`, `?`, `?&` и `?|`. Например:

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING GIST (h);
```

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING GIN (h);
```

Тип `hstore` также поддерживает индексы `btree` и `hash` для оператора `=`. Это позволяет объявлять столбцы `hstore` как уникальные (`UNIQUE`) и использовать их в выражениях `GROUP BY`, `ORDER BY` или `DISTINCT`. Порядок сортировки значений `hstore` не имеет практического смысла, но эти индексы могут быть полезны для поиска по равенству. Индексы для сравнений (с помощью `=`) можно создать так:

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING BTREE (h);
```

```
CREATE INDEX hidx ON testhstore USING HASH (h);
```

F.16.4. Примеры

Добавление ключа или изменение значения для существующего ключа:

```
UPDATE tab SET h = h || hstore('c', '3');
```

Удаление ключа:

```
UPDATE tab SET h = delete(h, 'k1');
```

Приведение типа `record` к типу `hstore`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);
INSERT INTO test VALUES (123, 'foo', 'bar');
```

```
SELECT hstore(t) FROM test AS t;
           hstore
```

```
-----
```

```
"col1"=>"123", "col2"=>"foo", "col3"=>"bar"
(1 row)
```

Приведение типа `hstore` к предопределённому типу `record`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);

SELECT * FROM populate_record(null::test,
                               '"col1"=>"456", "col2"=>"zzz"');

 col1 | col2 | col3
-----+-----+-----
  456 | zzz  |
(1 row)
```

Изменение существующей записи по данным из `hstore`:

```
CREATE TABLE test (col1 integer, col2 text, col3 text);
INSERT INTO test VALUES (123, 'foo', 'bar');

SELECT (r).* FROM (SELECT t #= '"col3"=>"baz"' AS r FROM test t) s;
 col1 | col2 | col3
-----+-----+-----
  123 | foo  | baz
(1 row)
```

F.16.5. Статистика

Тип `hstore`, вследствие присущей ему либеральности, может содержать множество самых разных ключей. Контроль допустимости ключей является задачей приложения. Следующие примеры демонстрируют несколько приёмов проверки ключей и получения статистики.

Простой пример:

```
SELECT * FROM each('aaa=>bq, b=>NULL, ""=>1');
```

С таблицей:

```
SELECT (each(h)).key, (each(h)).value INTO stat FROM testhstore;
```

Актуальная статистика:

```
SELECT key, count(*) FROM
  (SELECT (each(h)).key FROM testhstore) AS stat
GROUP BY key
ORDER BY count DESC, key;
 key | count
-----+-----
line |    883
query |    207
pos  |    203
node |    202
space |    197
status |    195
public |    194
title |    190
org   |    189
.....
```

F.16.6. Совместимость

Начиная с PostgreSQL 9.0, `hstore` использует внутреннее представление, отличающееся от предыдущих версий. Это не проблема при обновлении путём выгрузки/перезагрузки данных, так как текстовое представление (используемое при выгрузке) не меняется.

В случае двоичного обновления обратная совместимость поддерживается благодаря тому, что новый код понимает данные в старом формате. При таком обновлении возможно небольшое снижение производительности при обработке данных, которые ещё не были изменены новым кодом. Все значения в столбце таблицы можно обновить принудительно, выполнив следующий оператор UPDATE:

```
UPDATE tablename SET hstorecol = hstorecol || '';
```

Это можно сделать и так:

```
ALTER TABLE tablename ALTER hstorecol TYPE hstore USING hstorecol || '';
```

Вариант с командой ALTER TABLE требует расширенной блокировки таблицы, но не приводит к замусориванию таблицы старыми версиями строк.

F.16.7. Трансформации

Также имеются дополнительные расширения, реализующие трансформации типа hstore для языков PL/Perl и PL/Python. Расширения для PL/Perl называются hstore_plperl и hstore_plperlu для доверенного и недоверенного PL/Perl, соответственно. Если вы установите эти трансформации и укажете их при создании функции, значения hstore будут отображаться в хеши Perl. Расширения для PL/Python называются hstore_plpythonu, hstore_plpython2u и hstore_plpython3u (соглашения об именовании, принятые для интерфейса PL/Python, описаны в Разделе 46.1). Если вы воспользуетесь ими, значения hstore будут отображаться в словари Python.

F.16.8. Авторы

Олег Бартунов <oleg@sai.msu.su>, Москва, Московский Государственный Университет, Россия

Фёдор Сигаев <teodor@sigaev.ru>, Москва, ООО «Дельта-Софт», Россия

Дополнительные улучшения внёс Эндрю Гирт <andrew@tao11.riddles.org.uk>, Великобритания

F.17. intagg

Модуль intagg предоставляет агрегатор и нумератор целых чисел. На данный момент имеются встроенные функции, предлагающие более широкие возможности, поэтому intagg считается устаревшим. Однако этот модуль продолжает существовать для обратной совместимости, теперь как набор обёрток встроенных функций.

F.17.1. Функции

Агрегатор реализуется функцией int_array_aggregate(integer), которая выдаёт массив целых чисел, содержащий в точности те числа, что переданы ей. Это обёртка встроенной функции array_agg, которая делает то же самое для массива любого типа.

Нумератор реализуется функцией int_array_enum(integer[]), которая возвращает набор целых (setof integer). По сути его действие обратно действию агрегатора: получив массив целых, он разворачивает его в набор строк. Это оболочка функции unnest, которая делает то же самое для массива любого типа.

F.17.2. Примеры использования

Во многих СУБД есть понятие таблицы соотношений «один ко многим». Такая таблица обычно находится между двумя индексированными таблицами, например:

```
CREATE TABLE left (id INT PRIMARY KEY, ...);
CREATE TABLE right (id INT PRIMARY KEY, ...);
CREATE TABLE one_to_many(left INT REFERENCES left, right INT REFERENCES right);
```

Как правило, она используется так:

```
SELECT right.* from right JOIN one_to_many ON (right.id = one_to_many.right)
WHERE one_to_many.left = item;
```

Этот запрос вернёт все элементы из таблицы справа для записи в таблице слева. Это очень рас-
пространённая конструкция в SQL.

Однако этот подход может вызывать затруднения с очень большим количеством записей в таблице
one_to_many. Часто такое соединение влечёт сканирование индекса и выборку каждой записи в
таблице справа для конкретного элемента слева. Если у вас динамическая система, с этим ничего
не поделать. Но если какое-то множество данных довольно статическое, вы можете создать свод-
ную таблицу, применив агрегатор.

```
CREATE TABLE summary AS
SELECT left, int_array_aggregate(right) AS right
FROM one_to_many
GROUP BY left;
```

Эта команда создаст таблицу, содержащую одну строку для каждого элемента слева с массивом
элементов справа. Она малополезна, пока не найден подходящий способ использования этого мас-
сива; именно для этого и нужен нумератор массива. Вы можете выполнить:

```
SELECT left, int_array_enum(right) FROM summary WHERE left = элемент;
```

Приведённый выше запрос с вызовом int_array_enum выдаёт те же результаты, что и

```
SELECT left, right FROM one_to_many WHERE left = элемент;
```

Отличие состоит в том, что запрос к сводной таблице должен выдать только одну строку таблицы,
тогда как непосредственный запрос к one_to_many потребует сканирования индекса и выборки
строки для каждой записи.

На тестовом компьютере команда EXPLAIN показала, что стоимость запроса снизилась с 8488 до
329. Исходный запрос выполнял соединение с таблицей one_to_many и был заменён на:

```
SELECT right, count(right) FROM
( SELECT left, int_array_enum(right) AS right
  FROM summary JOIN (SELECT left FROM left_table WHERE left = элемент) AS lefts
    ON (summary.left = lefts.left)
) AS list
GROUP BY right
ORDER BY count DESC;
```

F.18. intarray

Модуль intarray предоставляет ряд полезных функций и операторов для работы с массивами це-
лых чисел без NULL. Также он поддерживает поиск по индексу для некоторых из этих операторов.

Все эти операции выдают ошибку, если в передаваемом массиве оказываются значения NULL.

Многие из этих операций имеют смысл только с одномерными массивами. Хотя им можно передать
входной массив и большей размерности, значения будут считываться из него как из линейного
массива в порядке хранения.

F.18.1. Функции и операторы intarray

Реализованные в модуле intarray функции перечислены в Таблице F.9, а операторы — в Табли-
це F.10.

Таблица F.9. Функции intarray

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
icount(int[])	int	число элементов в массиве	icount('{1,2,3}'::int[])	3

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>sort(int[], text dir)</code>	<code>int[]</code>	сортирует массив — в <i>dir</i> должно задаваться <code>asc</code> (по возрастанию) или <code>desc</code> (по убыванию)	<code>sort('{1,2,3}':int[], 'desc')</code>	<code>{3,2,1}</code>
<code>sort(int[])</code>	<code>int[]</code>	сортирует в порядке возрастания	<code>sort(array[11, 77, 44])</code>	<code>{11, 44, 77}</code>
<code>sort_asc(int[])</code>	<code>int[]</code>	сортирует в порядке возрастания		
<code>sort_desc(int[])</code>	<code>int[]</code>	сортирует в порядке убывания		
<code>uniq(int[])</code>	<code>int[]</code>	удаляет дубликаты	<code>uniq(sort('{1,2,3,2,1}':int[]))</code>	<code>{1,2,3}</code>
<code>idx(int[], int item)</code>	<code>int</code>	индекс первого элемента, равного <i>item</i> (0, если тако-го нет)	<code>idx(array[11, 22, 33, 22, 11], 22)</code>	2
<code>subarray(int[], int start, int len)</code>	<code>int[]</code>	часть массива, начинающаяся с позиции <i>start</i> и состоящая из <i>len</i> элементов	<code>subarray('{1,2,3,2,1}':int[], 2, 3)</code>	<code>{2,3,2}</code>
<code>subarray(int[], int start)</code>	<code>int[]</code>	часть массива, начинающаяся с позиции <i>start</i>	<code>subarray('{1,2,3,2,1}':int[], 2)</code>	<code>{2,3,2,1}</code>
<code>intset(int)</code>	<code>int[]</code>	создаёт массив с одним элементом	<code>intset(42)</code>	<code>{42}</code>

Таблица F.10. Операторы `intarray`

Оператор	Возвращает	Описание
<code>int[] && int[]</code>	<code>boolean</code>	пересекается с — <code>true</code> , если массивы имеют минимум один общий элемент
<code>int[] @> int[]</code>	<code>boolean</code>	включает — <code>true</code> , если левый массив содержит правый массив
<code>int[] <@ int[]</code>	<code>boolean</code>	включается в — <code>true</code> , если левый массив содержится в правом массиве
<code># int[]</code>	<code>int</code>	число элементов в массиве
<code>int[] # int</code>	<code>int</code>	индекс элемента (делает то же, что и функция <code>idx</code>)
<code>int[] + int</code>	<code>int[]</code>	вставляет элемент в массив (добавляет его в конец массива)
<code>int[] + int[]</code>	<code>int[]</code>	соединяет массивы (правый массив добавляется в конец левого)

Оператор	Возвращает	Описание
<code>int[] - int</code>	<code>int[]</code>	удаляет из массива записи, равные правому аргументу
<code>int[] - int[]</code>	<code>int[]</code>	удаляет из левого массива элементы правого массива
<code>int[] int</code>	<code>int[]</code>	объединение аргументов
<code>int[] int[]</code>	<code>int[]</code>	объединение массивов
<code>int[] & int[]</code>	<code>int[]</code>	пересечение массивов
<code>int[] @@ query_int</code>	<code>boolean</code>	<code>true</code> , если массив удовлетворяет запросу (см. ниже)
<code>query_int ~~ int[]</code>	<code>boolean</code>	<code>true</code> , если запросу удовлетворяет массив (коммутирующий оператор к @@)

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения `@>` и `<@` обозначались соответственно как `@` и `~`. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Операторы `&&`, `@>` и `<@` равнозначны встроенным операторам PostgreSQL с теми же именами, за исключением того, что они работают только с целочисленными массивами, не содержащими NULL, тогда как встроенные операторы работают с массивами любых типов. Благодаря этому ограничению, в большинстве случаев они работают быстрее, чем встроенные операторы.

Операторы `@@` и `~~` проверяют, удовлетворяет ли массив *запросу*, представляемому в виде значения специализированного типа данных `query_int`. *Запрос* содержит целочисленные значения, сравниваемые с элементами массива, возможно с использованием операторов `&` (AND), `|` (OR) и `!` (NOT). При необходимости могут использоваться скобки. Например, запросу `1 & (2 | 3)` удовлетворяют запросы, которые содержат 1 и также содержат 2 или 3.

F.18.2. Поддержка индексов

Модуль `intarray` поддерживает индексы для операторов `&&`, `@>`, `<@` и `@@`, а также обычную проверку равенства массивов.

Модуль предоставляет два класса операторов GiST: `gist__int_ops` (используется по умолчанию), подходящий для маленьких и средних по размеру наборов данных, и `gist__intbig_ops`, применяющий сигнатуру большего размера и подходящий для индексации больших наборов данных (то есть столбцов, содержащих много различных значений массива). В этой реализации используется структура данных RD-дерева со встроенным сжатием с потерями.

Есть также нестандартный класс операторов GIN, `gin__int_ops`, поддерживающий те же операторы.

Выбор между индексами GiST и GIN зависит от относительных характеристик производительности GiST и GIN, которые здесь не рассматриваются.

F.18.3. Пример

```
-- сообщение может относиться к одной или нескольким «секциям»
CREATE TABLE message (mid INT PRIMARY KEY, sections INT[], ...);

-- создать специализированный индекс
CREATE INDEX message_rdtree_idx ON message USING GIST (sections gist__int_ops);

-- вывести сообщения из секций 1 или 2 — оператор пересечения
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections && '{1,2}';
```

```
-- вывести сообщения из секций 1 и 2 — оператор включения
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections @> '{1,2}';

-- тот же результат, но с оператором запроса
SELECT message.mid FROM message WHERE message.sections @@ '1&2':::query_int;
```

F.18.4. Тестирование производительности

В каталоге исходного кода `contrib/intarray/bench` содержится набор тестов, которые можно провести на установленном сервере PostgreSQL. (Для этого нужно установить пакет `DBD:Pg`.) Чтобы запустить эти тесты, выполните:

```
cd .../contrib/intarray/bench
createdb TEST
psql -c "CREATE EXTENSION intarray" TEST
./create_test.pl | psql TEST
./bench.pl
```

Скрипт `bench.pl` принимает несколько аргументов, о которых можно узнать, запустив его без аргументов.

F.18.5. Авторы

Разработку осуществили Фёдор Сигаев (teodor@sigae.ru) и Олег Бартунов (oleg@sai.msu.su). Дополнительные сведения можно найти на странице <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/>. Андрей Октябрьский проделал отличную работу, добавив новые функции и операторы.

F.19. isn

Модуль `isn` предоставляет типы данных для следующих международных стандартов нумерации товаров: EAN13, UPC, ISBN (книги), ISMN (музыка) и ISSN (серийные номера). Номера проверяются на входе согласно жёстко заданному списку префиксов: этот список префиксов также применяется для группирования цифр при выводе. Так как время от времени появляются новые префиксы, этот список префиксов может устаревать. Ожидается, что будущая версия этого модуля будет получать список префиксов из одной или нескольких таблиц, благодаря чему его при необходимости смогут легко обновлять пользователи; однако в настоящее время этот список можно изменить, только модифицировав исходный код и перекомпилировав его. Также есть вероятность, что в будущем этот модуль лишится функций проверки префиксов и группирования цифр.

F.19.1. Типы данных

В Таблице F.11 перечислены типы данных, реализованные модулем `isn`.

Таблица F.11. Типы данных `isn`

Тип данных	Описание
EAN13	European Article Number (Европейский номер товара), всегда выводится в формате EAN13
ISBN13	International Standard Book Number (Международный стандартный книжный номер), выводимый в новом формате EAN13
ISMN13	International Standard Music Number (Международный стандартный музыкальный номер), выводимый в новом формате EAN13
ISSN13	International Standard Serial Number (Международный стандартный серийный номер), выводимый в новом формате EAN13

Тип данных	Описание
ISBN	Международный стандартный книжный номер, выводимый в старом коротком формате
ISMN	Международный стандартный музыкальный номер, выводимый в старом коротком формате
ISSN	Международный стандартный серийный номер, выводимый в старом коротком формате
UPC	Universal Product Code (Универсальный код товара)

Замечания:

1. Номера ISBN13, ISMN13, ISSN13 являются номерами EAN13.
2. Не все номера EAN13 (только их подмножество) представляют ISBN13, ISMN13 или ISSN13.
3. Некоторые номера ISBN13 можно вывести в формате ISBN.
4. Некоторые номера ISMN13 можно вывести в формате ISMN.
5. Некоторые номера ISSN13 можно вывести в формате ISSN.
6. Номера UPC являются подмножеством номеров EAN13 (по сути они являются номерами EAN13 без первой цифры 0).
7. Любые номера UPC, ISBN, ISMN и ISSN можно представить как номера EAN13.

Внутри все эти типы представляются одинаково (64-битными целыми числами) и все они взаимозаменяемы. Различные типы введены для управления форматированием при выводе и для строгой проверки правильности ввода, что и определяет конкретный тип номера.

Типы ISBN, ISMN и ISSN выводят короткую версию числа (ISxN 10), когда это возможно, либо выбирают формат ISxN 13 для чисел, не уместящихся в короткую версию. Типы EAN13, ISBN13, ISMN13 и ISSN13 всегда выводят длинную версию ISxN (EAN13).

F.19.2. Приведения

Модуль `isn` предоставляет следующие пары приведений типов:

- ISBN13 $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISMN13 $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISSN13 $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISBN $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISMN $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISSN $\Leftrightarrow$ EAN13
- UPC $\Leftrightarrow$ EAN13
- ISBN $\Leftrightarrow$ ISBN13
- ISMN $\Leftrightarrow$ ISMN13
- ISSN $\Leftrightarrow$ ISSN13

При приведении EAN13 к другому типу выполняется проверка времени выполнения, соответствует ли исходное значение целевому типу, и если это не так, выдаётся ошибка. При других приведениях значения просто перемечаются, так что они успешно выполняются всегда.

F.19.3. Функции и операторы

Модуль `isn` предоставляет стандартные операторы сравнения плюс поддержку индексов по хешу и B-деревьев для этих типов данных. Кроме того, он реализует ряд специализированных функций; они перечислены в Таблице F.12. В этой таблице под `isn` понимается один из типов данных модуля.

Таблица F.12. Функции isn

Функция	Возвращает	Описание
<code>isn_weak(boolean)</code>	boolean	Устанавливает ослабленный режим проверки ввода (возвращает новое состояние)
<code>isn_weak()</code>	boolean	Выдаёт текущее состояние ослабленного режима
<code>make_valid(isn)</code>	isn	Делает неверный номер верным (сбрасывает флаг ошибки)
<code>is_valid(isn)</code>	boolean	Проверяет присутствие флага ошибки

Ослабленный режим позволяет вставлять в таблицу неверные значения. Под неверным значением понимается номер, в котором не сходится проверочная цифра, а не номер отсутствует вовсе.

Зачем может понадобиться ослабленный режим? Ну например, у вас может быть большой набор номеров ISBN, и очень многие из них по каким-то странным причинам содержат неверную контрольную цифру (возможно, номера были отсканированы с печатного листа и были распознаны неправильно, или они вводились вручную, кто знает...). В любом случае, суть в том, что вы хотите с этим разобраться, но вам нужно загрузить все эти номера в базу данных, а затем, возможно, использовать дополнительное средство поиска неверных номеров в базе данных с тем, чтобы проверить и исправить данные; так что, например, вам нужно будет выбрать все неверные номера в таблице.

Если попытаться вставить в таблицу неверный номер в ослабленном режиме проверки, номер будет вставлен с исправленной проверочной цифрой, но выводиться будет с восклицательным знаком (!) в конце, например 0-11-000322-5!. Этот маркер ошибки можно проверить с помощью функции `is_valid` и очистить функцией `make_valid`.

Вы также можете принудительно вставить числа даже не в ослабленном режиме, добавив символ ! в конце номера.

Есть ещё одна особенность — во вводимом номере вместо проверочной цифры можно указать ? и нужная проверочная цифра будет вставлена автоматически.

F.19.4. Примеры

```
-- Использование типов напрямую:
SELECT isbn('978-0-393-04002-9');
SELECT isbn13('0901690546');
SELECT issn('1436-4522');

-- Приведение типов:
-- заметьте, что номер ean13 можно привести к другому типу, только когда
-- этот номер будет допустимым для целевого типа;
-- таким образом, это НЕ будет работать: select isbn(ean13('0220356483481'));
-- а это будет:
SELECT upc(ean13('0220356483481'));
SELECT ean13(upc('220356483481'));

-- Создание таблицы с одним столбцом, который будет содержать номера ISBN:
CREATE TABLE test (id isbn);
INSERT INTO test VALUES('9780393040029');

-- Автоматическое вычисление проверочных цифр (обратите внимание на '?'):
INSERT INTO test VALUES('220500896?');
```

```
INSERT INTO test VALUES('978055215372?');

SELECT issn('3251231?');
SELECT ismn('979047213542?');

-- Использование ослабленного режима:
SELECT isn_weak(true);
INSERT INTO test VALUES('978-0-11-000533-4');
INSERT INTO test VALUES('9780141219307');
INSERT INTO test VALUES('2-205-00876-X');
SELECT isn_weak(false);

SELECT id FROM test WHERE NOT is_valid(id);
UPDATE test SET id = make_valid(id) WHERE id = '2-205-00876-X!';

SELECT * FROM test;

SELECT isbn13(id) FROM test;
```

F.19.5. Библиография

Информация, на основе которой реализован этот модуль, была собрана с нескольких сайтов, включая:

- <https://www.isbn-international.org/>
- <http://www.issn.org/>
- <https://www.ismn-international.org/>
- <https://www.wikipedia.org/>

Префиксы, используемые для группирования цифр, были также взяты с:

- <https://www.gs1.org/standards/id-keys>
- https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_ISBN_identifier_groups
- <https://www.isbn-international.org/content/isbn-users-manual>
- https://en.wikipedia.org/wiki/International_Standard_Music_Number
- <https://www.ismn-international.org/ranges.html>

Алгоритмы реализованы со всей тщательностью и скрупулёзно сверены с алгоритмами, предлагаемыми в официальных руководствах ISBN, ISMN, ISSN.

F.19.6. Автор

Герман Мендес Браво (Kronuz), 2004 — 2006

Этот модуль написан под влиянием кода `isbn_issn` Гаретта А. Уоллмена.

F.20. lo

Модуль `lo` поддерживает управление большими объектами (БО или LO, Large Objects, иногда BLOB, Binary Large Objects). Он реализует тип данных `lo` и триггер `lo_manage`.

F.20.1. Обоснование

Одна из проблема драйвера JDBC (она распространяется и на драйвер ODBC) в том, что спецификация типа предполагает, что ссылки на BLOB хранятся в таблице, и если запись меняется, связанный BLOB удаляется из базы.

Но с PostgreSQL этого не происходит. Большие объекты обрабатываются как самостоятельные объекты; запись в таблице может ссылаться на большой объект по OID, но при этом на один и тот же объект могут ссылаться несколько записей таблицы, так что система не удаляет большой объект, только потому что вы меняете или удаляете такую запись.

Это не проблема для приложений, ориентированных на PostgreSQL, но стандартный код, использующий JDBC или ODBC, не будет удалять эти объекты, в результате чего они окажутся потерянными — объектами, которые никак не задействованы, а просто занимают место на диске.

Модуль `lo` позволяет решить эту проблему, добавляя триггер к таблицам, которые содержат столбцы, ссылающиеся на БО. Этот триггер по сути просто вызывает `lo_unlink`, когда вы удаляете или изменяете значение, ссылающееся на большой объект. Данный триггер предполагает, что на любой большой объект, на который ссылается контролируемый им столбец, указывает только одна ссылка!

Этот модуль также предоставляет тип данных `lo`, который просто является доменом на базе `oid`. Он может быть полезен для выделения столбцов, содержащих ссылки на большие объекты, среди столбцов, содержащих другие OID. Для использования триггера применять тип `lo` необязательно, но этот тип может быть полезен для отслеживания столбцов в вашей базе, представляющих большие объекты, с которыми работает триггер. Кроме того, поступали сообщения, что драйвер ODBC не работает корректно, если для столбцов BLOB используется не тип `lo`.

F.20.2. Как его использовать

Пример его использования:

```
CREATE TABLE image (title text, raster lo);

CREATE TRIGGER t_raster BEFORE UPDATE OR DELETE ON image
    FOR EACH ROW EXECUTE FUNCTION lo_manage(raster);
```

Для каждого столбца, который будет содержать уникальные ссылки на большие объекты, создайте триггер `BEFORE UPDATE OR DELETE` и передайте имя столбца в качестве единственного аргумента триггера. Вы также можете сделать, чтобы триггер срабатывал только при изменениях в столбце, указав `BEFORE UPDATE OF имя_столбца`. Если вам нужно иметь в одной таблице несколько столбцов `lo`, создайте отдельный триггер для каждого (при этом обязательно нужно дать всем триггерам в одной таблице разные имена).

F.20.3. Ограничения

- При удалении таблицы, однако, всё равно будут потеряны относящиеся к ней объекты, так как триггер не будет выполняться. Этого можно избежать, выполнив перед `DROP TABLE` команду `DELETE FROM таблица`.

То же касается и команды `TRUNCATE`.

Если у вас уже есть, или вы подозреваете, что есть потерянные большие объекты, обратите внимание на модуль `vacuumlo`, который может помочь вычистить их. Имеет смысл периодически запускать `vacuumlo` в качестве меры, дополняющей действие триггера `lo_manage`.

- Некоторые клиентские программы могут создавать собственные таблицы, но не создавать для них соответствующие триггеры. Кроме того, и пользователи могут не создавать такие триггеры (забывая о них, либо не зная, как это сделать).

F.20.4. Автор

Питер Маунт <peter@retep.org.uk>

F.21. Itree

Этот модуль реализует тип данных `ltree` для представления меток данных в иерархической древовидной структуре. Он также предоставляет расширенные средства для поиска в таких деревьях.

F.21.1. Определения

Метка — это последовательность алфавитно-цифровых символов и знаков подчёркивания (например, в локале `C` допускаются символы `A-Za-z0-9_`). Метки должны занимать меньше 256 байт.

Примеры: `42`, `Personal_Services`

Путь метки — это последовательность из нуля или нескольких разделённых точками меток (например, `L1.L2.L3`), представляющая путь от корня иерархического дерева к конкретному узлу. Длина пути метки должна быть меньше 65 КБ, но лучше, если она будет в пределах 2 КБ.

Пример: `Top.Countries.Europe.Russia`

Модуль `ltree` предоставляет несколько типов данных:

- `ltree` хранит путь метки.
- `lquery` представляет напоминающий регулярные выражения запрос для поиска нужных значений `ltree`. Простое слово выбирает путь с этой меткой. Звёздочка (`*`) выбирает ноль или более меток. Например:

<code>foo</code>	Выбирает в точности путь метки <code>foo</code>
<code>*.foo.*</code>	Выбирает путь, содержащий метку <code>foo</code>
<code>*.foo</code>	Выбирает путь, в котором последняя метка <code>foo</code>

Звёздочке можно также добавить числовую характеристику, ограничивающую число потенциально совпадающих меток:

<code>{n}</code>	Выбирает ровно <code>n</code> меток
<code>{n, }</code>	Выбирает не меньше <code>n</code> меток
<code>{n, m}</code>	Выбирает не меньше <code>n</code> и не больше <code>m</code> меток
<code>{, m}</code>	Выбирает не больше <code>m</code> меток — то же самое, что и <code>{0, m}</code>

В конце метки, отличной от звёздочки, в `lquery` можно добавить модификаторы, чтобы найти что-то сложнее, чем точное соответствие:

<code>@</code>	Выбирать метки без учёта регистра, например, запросу <code>a@</code> соответствует <code>A</code>
<code>*</code>	Выбирать любую метку с данным префиксом, например запросу <code>foo*</code> соответствует <code>foobar</code>
<code>%</code>	Выбирать начальные слова, разделённые подчёркиваниями

Поведение модификатора `%` несколько нетривиальное. Он пытается найти соответствие по словам, а не по всей метке. Например, запросу `foo_bar%` соответствует `foo_bar_baz` но не `foo_barbaz`. В сочетании с `*`, сопоставление префикса применяется отдельно к каждому слову, например запросу `foo_bar%*` соответствует `foo1_bar2_baz`, но не `foo1_br2_baz`.

Также вы можете записать несколько различных меток через знак `|` (обозначающий ИЛИ) для выборки любой из этих меток, либо добавить знак `!` (НЕ) в начале, чтобы выбрать все метки, не соответствующие указанным альтернативам.

Расширенный пример `lquery`:

```
Top.*{0,2}.sport*@.!football|tennis.Russ*|Spain
a.  b.      c.      d.      e.
```

Этот запрос выберет путь, который:

- начинается с метки `Top`
- и затем включает от нуля до двух меток до
- метки, начинающейся с префикса `sport` (без учёта регистра)

d. затем метку, отличную от `football` и `tennis`

e. и заканчивается меткой, которая начинается подстрокой `Russ` или в точности равна `Spain`.

- `ltxquery` представляет подобный полнотекстовому запрос поиска подходящих значений `ltree`. Значение `ltxquery` содержит слова, возможно с модификаторами `@`, `*`, `%` в конце; эти модификаторы имеют то же значение, что и в `lquery`. Слова можно объединять символами `&` (И), `|` (ИЛИ), `!` (НЕ) и скобками. Ключевое отличие от `lquery` состоит в том, что `ltxquery` выбирает слова независимо от их положения в пути метки.

Пример `ltxquery`:

```
Europe & Russia*@ & !Transportation
```

Этот запрос выберет пути, содержащие метку `Europe` или любую метку с начальной подстрокой `Russia` (без учёта регистра), но не пути, содержащие метку `Transportation`. Положение этих слов в пути не имеет значения. Кроме того, когда применяется `%`, слово может быть сопоставлено с любым другим отделённым подчёркиваниями словом в метке, вне зависимости от его положения.

Замечание: `ltxquery` допускает пробелы между символами, а `ltree` и `lquery` — нет.

F.21.2. Операторы и функции

Для типа `ltree` определены обычные операторы сравнения `=`, `<>`, `<`, `>`, `<=`, `>=`. Сравнение сортирует пути в порядке движения по дереву, а потомки узла сортируются по тексту метки. В дополнение к ним есть и специализированные операторы, перечисленные в Таблице F.13.

Таблица F.13. Операторы `ltree`

Оператор	Возвращает	Описание
<code>ltree @> ltree</code>	boolean	левый аргумент является предком правого (или равен ему)?
<code>ltree <@ ltree</code>	boolean	левый аргумент является потомком правого (или равен ему)?
<code>ltree ~ lquery</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует <code>lquery</code> ?
<code>lquery ~ ltree</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует <code>lquery</code> ?
<code>ltree ? lquery[]</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует одному из <code>lquery</code> в массиве?
<code>lquery[] ? ltree</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует одному из <code>lquery</code> в массиве?
<code>ltree @ ltxquery</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует <code>ltxquery</code> ?
<code>ltxquery @ ltree</code>	boolean	значение <code>ltree</code> соответствует <code>ltxquery</code> ?
<code>ltree ltree</code>	ltree	объединяет два пути <code>ltree</code>
<code>ltree text</code>	ltree	преобразует текст в <code>ltree</code> и объединяет с путём
<code>text ltree</code>	ltree	преобразует текст в <code>ltree</code> и объединяет с путём
<code>ltree[] @> ltree</code>	boolean	массив содержит предка <code>ltree</code> ?
<code>ltree <@ ltree[]</code>	boolean	массив содержит предка <code>ltree</code> ?

Оператор	Возвращает	Описание
<code>ltree[] <@ ltree</code>	<code>boolean</code>	массив содержит потомка <code>ltree</code> ?
<code>ltree @> ltree[]</code>	<code>boolean</code>	массив содержит потомка <code>ltree</code> ?
<code>ltree[] ~ lquery</code>	<code>boolean</code>	массив содержит путь, соответствующий <code>lquery</code> ?
<code>lquery ~ ltree[]</code>	<code>boolean</code>	массив содержит путь, соответствующий <code>lquery</code> ?
<code>ltree[] ? lquery[]</code>	<code>boolean</code>	массив <code>ltree</code> содержит путь, соответствующий любому из <code>lquery</code> ?
<code>lquery[] ? ltree[]</code>	<code>boolean</code>	массив <code>ltree</code> содержит путь, соответствующий любому из <code>lquery</code> ?
<code>ltree[] @ ltxtquery</code>	<code>boolean</code>	массив содержит путь, соответствующий <code>ltxtquery</code> ?
<code>ltxtquery @ ltree[]</code>	<code>boolean</code>	массив содержит путь, соответствующий <code>ltxtquery</code> ?
<code>ltree[] ?@> ltree</code>	<code>ltree</code>	первый элемент массива, являющийся предком <code>ltree</code> ; <code>NULL</code> , если такого нет
<code>ltree[] ?<@ ltree</code>	<code>ltree</code>	первый элемент массива, являющийся потомком <code>ltree</code> ; <code>NULL</code> , если такого нет
<code>ltree[] ?~ lquery</code>	<code>ltree</code>	первый элемент массива, соответствующий <code>lquery</code> ; <code>NULL</code> , если такого нет
<code>ltree[] ?@ ltxtquery</code>	<code>ltree</code>	первый элемент массива, соответствующий <code>ltxtquery</code> ; <code>NULL</code> , если такого нет

Операторы `<@`, `@>`, `@` и `~` имеют аналоги в виде `^<@`, `^@>`, `^@`, `^~`, которые отличаются только тем, что не используют индексы. Они полезны только для тестирования.

Доступные функции перечислены в Таблице F.14.

Таблица F.14. Функции `ltree`

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
<code>subltree(ltree, int start, int end)</code>	<code>ltree</code>	подпуть <code>ltree</code> от позиции <code>start</code> до позиции <code>end-1</code> (начиная с 0)	<code>subltree('Top.Child1.Child2', 1, 2)</code>	<code>Child1</code>
<code>subpath(ltree, int offset, int len)</code>	<code>ltree</code>	подпуть <code>ltree</code> , начиная с позиции <code>offset</code> , длиной <code>len</code> . Если <code>offset</code> меньше нуля, подпуть начинается с этого смещения от конца пу-	<code>subpath('Top.Child1.Child2', 0, 2)</code>	<code>Top.Child1</code>

Функция	Тип результата	Описание	Пример	Результат
		ти. Если <i>len</i> меньше нуля, будет отброшено заданное число меток с конца строки.		
<code>subpath(ltree, int offset)</code>	<code>ltree</code>	подпуть <code>ltree</code> , начиная с позиции <i>offset</i> и до конца пути. Если <i>offset</i> меньше нуля, подпуть начинается с этого смещения от конца пути.	<code>subpath('Top.Child1.Child2',1)</code>	<code>Child1.Child2</code>
<code>nlevel(ltree)</code>	<code>integer</code>	число меток в пути	<code>nlevel('Top.Child1.Child2')</code>	3
<code>index(ltree a, ltree b)</code>	<code>integer</code>	позиция первого вхождения <i>b</i> в <i>a</i> ; -1, если вхождения нет	<code>index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6')</code>	6
<code>index(ltree a, ltree b, int offset)</code>	<code>integer</code>	позиция первого вхождения <i>b</i> в <i>a</i> , найденного от позиции <i>offset</i> ; если <i>offset</i> меньше 0, поиск начинается с <i>-offset</i> меток от конца пути	<code>index('0.1.2.3.5.4.5.6.8.5.6.8', '5.6', -4)</code>	9
<code>text2ltree(text)</code>	<code>ltree</code>	приводит <code>text</code> к типу <code>ltree</code>		
<code>ltree2text(ltree)</code>	<code>text</code>	приводит <code>ltree</code> к типу <code>text</code>		
<code>lca(ltree, ltree, ...)</code>	<code>ltree</code>	наибольший общий предок путей (принимается до 8 аргументов)	<code>lca('1.2.3', '1.2.3.4.5.6')</code>	1.2
<code>lca(ltree[])</code>	<code>ltree</code>	наибольший общий предок путей в массиве	<code>lca(array['1.2.3'::ltree, '1.2.3.4'])</code>	1.2

F.21.3. Индексы

`ltree` поддерживает несколько типов индексов, которые могут ускорить означенные операции:

- В-дерево по значениям `ltree`: `<`, `<=`, `=`, `>=`, `>`
- GiST по значениям `ltree`: `<`, `<=`, `=`, `>=`, `>`, `@>`, `<@`, `@`, `~`, `?`

Пример создания такого индекса:

```
CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path);
```

- GiST по столбцу `ltree[]:ltree[]` `<@ ltree, ltree @> ltree[], @, ~, ?`

Пример создания такого индекса:

```
CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (array_path);
```

Примечание: Индекс этого типа является неточным.

F.21.4. Пример

Для этого примера используются следующие данные (это же описание данных находится в файле contrib/ltree/ltreetest.sql в дистрибутиве исходного кода):

```
CREATE TABLE test (path ltree);
INSERT INTO test VALUES ('Top');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy.Astrophysics');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Science.Astronomy.Cosmology');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Hobbies');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Hobbies.Amateurs_Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Stars');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Galaxies');
INSERT INTO test VALUES ('Top.Collections.Pictures.Astronomy.Astronauts');
CREATE INDEX path_gist_idx ON test USING GIST (path);
CREATE INDEX path_idx ON test USING BTREE (path);
```

В итоге мы получаем таблицу test, наполненную данными, представляющими следующую иерархию:

```

      Top
     /  |  \
Science Hobbies Collections
   /      |      \
Astronomy Amateurs_Astronomy Pictures
  /  \                |
Astrophysics Cosmology Astronomy
                        /  |  \
                        Galaxies Stars Astronauts
```

Мы можем выбрать потомки в иерархии наследования:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path <@ 'Top.Science';
           path
```

```
-----
Top.Science
Top.Science.Astronomy
Top.Science.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Astronomy.Cosmology
(4 rows)
```

Несколько примеров выборки по путям:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path ~ '*.Astronomy.*';
           path
```

```
-----
Top.Science.Astronomy
Top.Science.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Astronomy.Cosmology
Top.Collections.Pictures.Astronomy
Top.Collections.Pictures.Astronomy.Stars
Top.Collections.Pictures.Astronomy.Galaxies
```

```
Top.Collections.Pictures.Astronomy.Astronauts
(7 rows)
```

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path ~ '.*!pictures@.*Astronomy.*';
           path
```

```
-----
Top.Science.Astronomy
Top.Science.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

Ещё несколько примеров полнотекстового поиска:

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path @ 'Astro*% & !pictures@';
           path
```

```
-----
Top.Science.Astronomy
Top.Science.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Astronomy.Cosmology
Top.Hobbies.Amateurs_Astronomy
(4 rows)
```

```
ltreetest=> SELECT path FROM test WHERE path @ 'Astro* & !pictures@';
           path
```

```
-----
Top.Science.Astronomy
Top.Science.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

Образование пути с помощью функций:

```
ltreetest=> SELECT subpath(path,0,2) || 'Space' || subpath(path,2) FROM test WHERE path <@
           'Top.Science.Astronomy';
           ?column?
```

```
-----
Top.Science.Space.Astronomy
Top.Science.Space.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Space.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

Эту процедуру можно упростить, создав функцию SQL, вставляющую метку в определённую позицию в пути:

```
CREATE FUNCTION ins_label(ltree, int, text) RETURNS ltree
AS 'select subpath($1,0,$2) || $3 || subpath($1,$2);'
LANGUAGE SQL IMMUTABLE;
```

```
ltreetest=> SELECT ins_label(path,2,'Space') FROM test WHERE path <@
           'Top.Science.Astronomy';
           ins_label
```

```
-----
Top.Science.Space.Astronomy
Top.Science.Space.Astronomy.Astrophysics
Top.Science.Space.Astronomy.Cosmology
(3 rows)
```

F.21.5. Трансформации

Также имеются дополнительные расширения, реализующие трансформации типа `ltree` для языка PL/Python. Эти расширения называются `ltree_plpythonu`, `ltree_plpython2u` и `ltree_plpython3u`

(соглашения об именовании, принятые для интерфейса PL/Python, описаны в Разделе 46.1). Если вы установите эти трансформации и укажете их при создании функции, значения `ltree` будут отображаться в списке Python. (Однако обратное преобразование не поддерживается.)

F.21.6. Авторы

Разработку осуществили Фёдор Сигаев (<teodor@stack.net>) и Олег Бартунов (<oleg@sai.msu.su>). Дополнительные сведения можно найти на странице <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/>. Авторы выражают благодарность Евгению Родичеву за полезные дискуссии. Замечания и сообщения об ошибках приветствуются.

F.22. pageinspect

Модуль `pageinspect` предоставляет функции, позволяющие исследовать страницы баз данных на низком уровне, что бывает полезно для отладки. Все эти функции могут вызывать только суперпользователи.

F.22.1. Функции общего назначения

`get_raw_page(relname text, fork text, blkno int) returns bytea`

Функция `get_raw_page` считывает указанный блок отношения с заданным именем и возвращает копию значения `bytea`. Это позволяет получить одну согласованную во времени копию блока. В параметре `fork` нужно передать `'main'`, чтобы обратиться к основному слою данных, `'fsm'` — к карте свободного пространства, `'vm'` — к карте видимости, либо `'init'` — к слою инициализации.

`get_raw_page(relname text, blkno int) returns bytea`

Упрощённая версия `get_raw_page` для чтения данных из основного слоя. Синоним `get_raw_page(relname, 'main', blkno)`

`page_header(page bytea) returns record`

Функция `page_header` показывает поля, общие для всех страниц кучи и индекса PostgreSQL.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT * FROM page_header(get_raw_page('pg_class', 0));
   lsn      | checksum | flags  | lower | upper | special | pagesize | version |
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
0/24A1B50 |         0 |      1 |   232 |   368 |        8192 |   8192 |         4 |
0
```

Возвращаемые столбцы соответствуют полям в структуре `PageHeaderData`. За подробностями обратитесь к `src/include/storage/bufpage.h`.

Поле `checksum` содержит контрольную сумму, сохранённую для страницы. Эта сумма может быть неверной при повреждении страницы. Если в данном экземпляре кластера контрольные суммы отключены, это значение не имеет смысла.

`page_checksum(page bytea, blkno int4) returns smallint`

Функция `page_checksum` вычисляет контрольную сумму страницы, которая должна была бы находиться в заданном блоке.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT page_checksum(get_raw_page('pg_class', 0), 0);
       page_checksum
-----
       13443
```

Заметьте, что вычисление контрольной суммы зависит от номера блока, поэтому обеим функциям нужно передавать одинаковые номера (за исключением случаев эзотерической отладки).

Контрольную сумму, вычисленную этой функцией, можно сравнить с полем `checksum` результата функции `page_header`. Если контрольные суммы для текущего экземпляра БД включены, эти значения должны быть равны.

`heap_page_items(page bytea) returns setof record`

Функция `heap_page_items` показывает все указатели линейных блоков на странице кучи. Для используемых блоков также выводятся заголовки кортежей. При этом показываются все кортежи, независимо от того, были ли видны они в снимке MVCC в момент копирования исходной страницы.

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы кучи, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT * FROM heap_page_items(get_raw_page('pg_class', 0));
```

Описание возвращаемых полей можно найти в `src/include/storage/itemid.h` и `src/include/access/htup_details.h`.

`tuple_data_split(rel_oid, t_data bytea, t_infomask integer, t_infomask2 integer, t_bits text [, do_detoast bool]) returns bytea[]`

Функция `tuple_data_split` разделяет данные кортежей на атрибуты так, как это происходит внутри сервера.

```
test=# SELECT tuple_data_split('pg_class'::regclass, t_data, t_infomask,
       t_infomask2, t_bits) FROM heap_page_items(get_raw_page('pg_class', 0));
```

В качестве аргументов этой функции должны передаваться атрибуты, возвращаемые функцией `heap_page_items`.

Если параметр `do_detoast` равен `true`, полученные атрибуты будут распакованы по мере необходимости. Если он не задан, подразумевается `false`.

`heap_page_item_attrs(rel_oid, t_data bytea, [, do_detoast bool]) returns bytea[]`

Функция `heap_page_item_attrs` похожа на `heap_page_items`, но возвращает неструктурированное содержимое кортежа в виде массива атрибутов, которые могут быть распакованы, если установлен флаг `do_detoast` (по умолчанию они не распаковываются).

В качестве аргумента ей передаётся образ страницы кучи, полученный в результате вызова `get_raw_page`. Например:

```
test=# SELECT * FROM heap_page_item_attrs(get_raw_page('pg_class', 0),
       'pg_class'::regclass);
```

`fsm_page_contents(page bytea) returns text`

Функция `fsm_page_contents` показывает внутреннюю структуру узла на странице FSM. Она выдаёт текст из нескольких строк, по одной строке на узел двоичного дерева на заданной странице. При этом выдаются только ненулевые узлы. Также выводится так называемый указатель «следующего слота», который указывает на следующий слот, получаемый с этой страницы.

Подробнее структура страницы FSM описана в `src/backend/storage/freespace/README`.

F.22.2. Функции для индексов-B-деревьев

`bt_metap(relname text)` returns record

Функция `bt_metap` возвращает информацию о метастранице индекса-B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_metap('pg_cast_oid_index');
-[ RECORD 1 ]-----+-----
magic                | 340322
version              | 3
root                 | 1
level                | 0
fastroot             | 1
fastlevel            | 0
oldest_xact          | 582
last_cleanup_num_tuples | 1000
```

`bt_page_stats(relname text, blkno int)` returns record

`bt_page_stats` возвращает сводную информацию по единичным страницам B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_stats('pg_cast_oid_index', 1);
-[ RECORD 1 ]+-----
blkno          | 1
type           | 1
live_items     | 256
dead_items     | 0
avg_item_size  | 12
page_size      | 8192
free_size      | 4056
btpo_prev      | 0
btpo_next      | 0
btpo           | 0
btpo_flags     | 3
```

`bt_page_items(relname text, blkno int)` returns setof record

`bt_page_items` возвращает детализированную информацию обо всех элементах на странице B-дерева. Например:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_items('pg_cast_oid_index', 1);
 itemoffset | ctid  | itemlen | nulls | vars | data
-----+-----+-----+-----+-----+-----
          1 | (0,1) |      12 | f     | f    | 23 27 00 00
          2 | (0,2) |      12 | f     | f    | 24 27 00 00
          3 | (0,3) |      12 | f     | f    | 25 27 00 00
          4 | (0,4) |      12 | f     | f    | 26 27 00 00
          5 | (0,5) |      12 | f     | f    | 27 27 00 00
          6 | (0,6) |      12 | f     | f    | 28 27 00 00
          7 | (0,7) |      12 | f     | f    | 29 27 00 00
          8 | (0,8) |      12 | f     | f    | 2a 27 00 00
```

На странице уровня листьев B-дерева, `ctid` указывает на кортеж в куче. На внутренней странице часть `ctid`, содержащая номер блока, указывает на другую страницу в самом индексе, а часть смещения (второе число) игнорируется и обычно равняется 1.

Заметьте, что первый элемент в любой, кроме самой правой, странице (то есть в любой странице с ненулевым значением в поле `btpo_next`) представляет собой «верхний ключ», то есть его поле `data` задаёт верхнюю границу всех элементов, находящихся на странице, а поле `ctid` лишено смысла. Кроме того, на внутренних страницах первый действительный элемент данных (первый элемент после верхнего ключа) представляет элемент «минус бесконечность», без

фактического значения в поле `data`. Однако такой элемент содержит в своём поле `ctid` корректную ссылку на данные.

`bt_page_items(page bytea) returns setof record`

Также можно передать функции `bt_page_items` страницу в виде значения `bytea`. Образ страницы для передачи в аргументе можно получить в результате вызова `get_raw_page`. Таким образом, последний пример можно также переписать так:

```
test=# SELECT * FROM bt_page_items(get_raw_page('pg_cast_oid_index', 1));
```

itemoffset	ctid	itemlen	nulls	vars	data
1	(0,1)	12	f	f	23 27 00 00
2	(0,2)	12	f	f	24 27 00 00
3	(0,3)	12	f	f	25 27 00 00
4	(0,4)	12	f	f	26 27 00 00
5	(0,5)	12	f	f	27 27 00 00
6	(0,6)	12	f	f	28 27 00 00
7	(0,7)	12	f	f	29 27 00 00
8	(0,8)	12	f	f	2a 27 00 00

Все остальные детали те же, что и с предыдущим вариантом вызова.

F.22.3. Функции для индексов BRIN

`brin_page_type(page bytea) returns text`

Функция `brin_page_type` возвращает тип страницы для заданной страницы индекса BRIN или выдаёт ошибку, если эта страница не является корректной страницей индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT brin_page_type(get_raw_page('brinidx', 0));
```

```
brin_page_type
-----
meta
```

`brin_metapage_info(page bytea) returns record`

Функция `brin_metapage_info` возвращает разнообразные сведения о метастранице индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM brin_metapage_info(get_raw_page('brinidx', 0));
```

magic	version	pagesperpage	lastrevmappage
0xA8109CFA	1	4	2

`brin_revmap_data(page bytea) returns setof tid`

Функция `brin_revmap_data` выдаёт список идентификаторов кортежей со страницы сопоставлений зон индекса BRIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM brin_revmap_data(get_raw_page('brinidx', 2)) LIMIT 5;
```

```
pages
-----
(6,137)
(6,138)
(6,139)
(6,140)
(6,141)
```

`brin_page_items(page bytea, index oid) returns setof record`

Функция `brin_page_items` выдаёт содержимое, сохранённое в странице данных BRIN. Например:


```
test=# SELECT * FROM brin_page_items(get_raw_page('brinidx', 5),
                                     'brinidx')
        ORDER BY blknum, attnum LIMIT 6;
```

itemoffset	blknum	attnum	allnulls	hasnulls	placeholder	value
137	0	1	t	f	f	
137	0	2	f	f	f	{1 .. 88}
138	4	1	t	f	f	
138	4	2	f	f	f	{89 .. 176}
139	8	1	t	f	f	
139	8	2	f	f	f	{177 .. 264}

Возвращаемые столбцы соответствуют полям в структурах `BrinMemTuple` и `BrinValues`. Подробнее они описаны в `src/include/access/brin_tuple.h`.

F.22.4. Функции для индексов GIN

`gin_metapage_info(page bytea)` returns record

Функция `gin_metapage_info` выдаёт информацию о метастранице индекса GIN. Например:

```
test=# SELECT * FROM gin_metapage_info(get_raw_page('gin_index', 0));
-[ RECORD 1 ]-----+-----
pending_head      | 4294967295
pending_tail      | 4294967295
tail_free_size    | 0
n_pending_pages   | 0
n_pending_tuples  | 0
n_total_pages     | 7
n_entry_pages     | 6
n_data_pages      | 0
n_entries         | 693
version          | 2
```

```
gin_page_opaque_info(page bytea) returns record
```

Функция `gin_page_opaque_info` выдаёт информацию из непрозрачной области индекса GIN, например, тип страницы. Например:

```
test=# SELECT * FROM gin_page_opaque_info(get_raw_page('gin_index', 2));
 rightlink | maxoff | flags
-----+-----+-----
          5 |         0 | {data,leaf,compressed}
(1 row)
```

```
gin_leafpage_items(page bytea) returns setof record
```

Функция `gin_leafpage_items` выдаёт информацию о данных, хранящихся в странице индекса GIN на уровне листьев. Например:

```
test=# SELECT first_tid, nbytes, tids[0:5] AS some_tids
        FROM gin_leafpage_items(get_raw_page('gin_test_idx', 2));
 first_tid | nbytes |          some_tids
-----+-----+-----
(8,41)    |    244 | {"(8,41)","(8,43)","(8,44)","(8,45)","(8,46)"}
(10,45)   |    248 | {"(10,45)","(10,46)","(10,47)","(10,48)","(10,49)"}
(12,52)   |    248 | {"(12,52)","(12,53)","(12,54)","(12,55)","(12,56)"}
(14,59)   |    320 | {"(14,59)","(14,60)","(14,61)","(14,62)","(14,63)"}
(167,16)  |    376 | {"(167,16)","(167,17)","(167,18)","(167,19)","(167,20)"}
(170,30)  |    376 | {"(170,30)","(170,31)","(170,32)","(170,33)","(170,34)"}
(173,44)  |    197 | {"(173,44)","(173,45)","(173,46)","(173,47)","(173,48)"}

```

(7 rows)

F.22.5. Функции для хеш-индексов

hash_page_type(page bytea) returns text

Функция hash_page_type возвращает тип страницы для заданной страницы хеш-индекса. На-
пример:

```
test=# SELECT hash_page_type(get_raw_page('con_hash_index', 0));
 hash_page_type
-----
metapage
```

hash_page_stats(page bytea) returns setof record

Функция hash_page_stats возвращает информацию о странице группы или переполнения хеш-
индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_page_stats(get_raw_page('con_hash_index', 1));
-[ RECORD 1 ]-----+-----
live_items      | 407
dead_items      | 0
page_size       | 8192
free_size       | 8
hasho_prevblkno | 4096
hasho_nextblkno | 8474
hasho_bucket    | 0
hasho_flag      | 66
hasho_page_id   | 65408
```

hash_page_items(page bytea) returns setof record

Функция hash_page_items возвращает информацию о данных, хранящихся на странице группы
или переполнения хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_page_items(get_raw_page('con_hash_index', 1)) LIMIT 5;
 itemoffset |   ctid   |   data
-----+-----+-----
          1 | (899,77) | 1053474816
          2 | (897,29) | 1053474816
          3 | (894,207)| 1053474816
          4 | (892,159)| 1053474816
          5 | (890,111)| 1053474816
```

hash_bitmap_info(index oid, blkno int) returns record

Функция hash_bitmap_info показывает состояние бита в странице битовой карты для опреде-
лённой страницы переполнения хеш-индекса. Например:

```
test=# SELECT * FROM hash_bitmap_info('con_hash_index', 2052);
 bitmapblkno | bitmapbit | bitstatus
-----+-----+-----
          65 |          3 | t
```

hash_metapage_info(page bytea) returns record

hash_metapage_info возвращает информацию, хранящуюся в метастранице хеш-индекса. На-
пример:

```
test=# SELECT magic, version, ntuples, ffactor, bsize, bmsize, bmshift,
test=#         maxbucket, highmask, lowmask, ovflpoint, firstfree, nmaps, procid,
test=#         regexp_replace(spares::text, '(,0)*}', '{}') as spares,
```

```
test-#      regexp_replace(mapp::text, '(.0)*}', '{}') as mapp
test-# FROM hash_metapage_info(get_raw_page('con_hash_index', 0));
-[ RECORD
1 ]-----
spares      |
{0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,3,4,4,4,45,55,58,59,508,567,628,704,1193,1202,1204}
magic       | 105121344
version     | 3
ntuples     | 500500
ffactor     | 40
bsize       | 8152
bmsize      | 4096
bmshift     | 15
maxbucket   | 12512
highmask    | 16383
lowmask     | 8191
ovflpoint   | 28
firstfree   | 1204
nmaps       | 1
procid      | 450
spares      |
{0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,3,4,4,4,45,55,58,59,508,567,628,704,1193,1202,1204}
mapp        | {65}
```

F.23. passwordcheck

Модуль `passwordcheck` проверяет пароли пользователей, задаваемые командами `CREATE ROLE` и `ALTER ROLE`. Если пароль признаётся слишком слабым, он не принимается и команда завершается ошибкой.

Чтобы задействовать этот модуль, добавьте строку `'$libdir/passwordcheck'` в переменную `shared_preload_libraries` в `postgresql.conf`, а затем перезапустите сервер.

Этот модуль можно приспособить к вашим нуждам, изменив исходный код. Например, для проверки паролей вы можете использовать библиотеку *CrackLib* — для этого нужно только раскомментировать две строки в `Makefile` и пересобрать модуль. (Мы не можем включить *CrackLib* по умолчанию из-за лицензии.) Без *CrackLib* этот модуль проверяет стойкость пароля по простым правилам, которые вы можете изменить или расширить по своему усмотрению.

Внимание

Чтобы незашифрованные пароли не передавались по сети, не записывались в журнал сервера и не стали каким-либо образом известны администратору баз данных, PostgreSQL позволяет пользователю передавать предварительно зашифрованные пароли. Используя это, клиентские программы могут шифровать пароль, прежде чем передавать его серверу.

Это ограничивает полезность модуля `passwordcheck`, так как в этом случае можно только попытаться угадать пароль. Поэтому использовать `passwordcheck` не рекомендуется, когда требуется высокий уровень безопасности. Более безопасно будет применить внешний вариант проверки подлинности, например GSSAPI (см. Главу 20), а не использовать пароли, хранящиеся в базе данных.

Также можно изменить `passwordcheck`, чтобы предварительно зашифрованные пароли не принимались, но если пользователи будут задавать пароли открытым текстом, с этим связаны свои риски безопасности.

F.24. pg_buffercache

Модуль `pg_buffercache` даёт возможность понять, что происходит в общем кеше буферов в реальном времени.

Этот модуль предоставляет функцию на C `pg_buffercache_pages`, возвращающую набор записей, плюс представление `pg_buffercache`, которое является удобной обёрткой этой функции.

По умолчанию его использование разрешено только суперпользователям и членам роли `pg_read_all_stats`. Дать доступ другим можно с помощью `GRANT`.

F.24.1. Представление `pg_buffercache`

Определения столбцов, содержащихся в представлении, показаны в Таблице F.15.

Таблица F.15. Столбцы `pg_buffercache`

Имя	Тип	Ссылки	Описание
<code>bufferid</code>	<code>integer</code>		ID, в диапазоне <code>1..shared_buffers</code>
<code>relfilenode</code>	<code>oid</code>	<code>pg_class.relfilenode</code>	Номер файлового узла для отношения
<code>reltablespace</code>	<code>oid</code>	<code>pg_tablespace.oid</code>	OID табличного пространства, содержащего отношение
<code>reldatabase</code>	<code>oid</code>	<code>pg_database.oid</code>	OID базы данных, содержащей отношение
<code>relforknumber</code>	<code>smallint</code>		Номер слоя в отношении; см. <code>include/common/relpath.h</code>
<code>relblocknumber</code>	<code>bigint</code>		Номер страницы в отношении
<code>isdirty</code>	<code>boolean</code>		Страница загрязнена?
<code>usagecount</code>	<code>smallint</code>		Счётчик обращений по часовой стрелке
<code>pinning_backends</code>	<code>integer</code>		Число обслуживающих процессов, закрепивших этот буфер

Для каждого буфера в общем кеше выдаётся одна строка. Для неиспользуемых буферов все поля равны `NULL`, за исключением `bufferid`. Общие системные каталоги показываются как относящиеся к базе данных под номером 0.

Так как кеш используется совместно всеми базами данных, обычно в нём находятся и страницы из отношений, не принадлежащих текущей базе данных. Это означает, что для некоторых строк при соединении с `pg_class` не найдутся соответствующие строки, либо соединение будет некорректным. Если вы хотите выполнить соединение с `pg_class`, будет правильным ограничить соединение строками, в которых `reldatabase` содержит OID текущей базы данных или ноль.

При обращении к представлению `pg_buffercache` устанавливаются блокировки менеджера внутренних буферов на время, достаточное для копирования всех данных состояния буферов, которые будут выводиться в представлении. Благодаря этому представление выдаёт согласованный набор результатов, не блокируя при этом обычные операции с буфером дольше, чем необходимо. Тем не менее, это может повлиять на производительность базы данных, если обращаться к этому представлению часто.

F.24.2. Пример вывода

```
regression=# SELECT c.relname, count(*) AS buffers
              FROM pg_buffercache b INNER JOIN pg_class c
              ON b.relfilenode = pg_relation_filenode(c.oid) AND
                 b.reldatabase IN (0, (SELECT oid FROM pg_database
                                     WHERE datname = current_database()))
              GROUP BY c.relname
              ORDER BY 2 DESC
              LIMIT 10;
```

relname	buffers
tenk2	345
tenk1	141
pg_proc	46
pg_class	45
pg_attribute	43
pg_class_relname_nsp_index	30
pg_proc_proname_args_nsp_index	28
pg_attribute_relid_attnam_index	26
pg_depend	22
pg_depend_reference_index	20
(10 rows)	

F.24.3. Авторы

Марк Кирквуд <markir@paradise.net.nz>

Предложения по конструкции: Нейл Конвей <neilc@samurai.com>

Советы по отладке: Том Лейн <tgl@sss.pgh.pa.us>

F.25. pgcrypto

Модуль `pgcrypto` предоставляет криптографические функции для PostgreSQL.

F.25.1. Стандартные функции хеширования

F.25.1.1. `digest()`

```
digest(data text, type text) returns bytea
digest(data bytea, type text) returns bytea
```

Вычисляет двоичный хеш данных (*data*). Параметр *type* выбирает используемый алгоритм. Поддерживаются стандартные алгоритмы: `md5`, `sha1`, `sha224`, `sha256`, `sha384` и `sha512`. Если модуль `pgcrypto` собирался с OpenSSL, становятся доступны и другие алгоритмы, как описано в Таблице F.19.

Если вы хотите получить дайджест в виде шестнадцатеричной строки, примените `encode()` к результату. Например:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION sha1(bytea) returns text AS $$
    SELECT encode(digest($1, 'sha1'), 'hex')
$$ LANGUAGE SQL STRICT IMMUTABLE;
```

F.25.1.2. `hmac()`

```
hmac(data text, key text, type text) returns bytea
```

`hmac(data bytea, key bytea, type text) returns bytea`

Вычисляет имитовставку на основе хеша для данных *data* с ключом *key*. Параметр *type* имеет то же значение, что и для `digest()`.

Эта функция похожа на `digest()`, но вычислить хеш с ней можно, только зная ключ. Это защищает от сценария подмены данных и хеша вместе с ними.

Если размер ключа больше размера блока хеша, он сначала хешируется, а затем используется в качестве ключа хеширования данных.

F.25.2. Функции хеширования пароля

Функции `crypt()` и `gen_salt()` разработаны специально для хеширования паролей. Функция `crypt()` выполняет хеширование, а `gen_salt()` подготавливает параметры алгоритма для неё.

Алгоритмы в `crypt()` отличаются от обычных алгоритмов хеширования MD5 и SHA1 в следующих аспектах:

1. Они медленные. Так как объём данных невелик, это единственный способ усложнить перебор паролей.
2. Они используют случайное значение, называемое *солью*, чтобы у пользователей с одинаковыми паролями зашифрованные пароли оказывались разными. Это также обеспечивает дополнительную защиту от получения обратного алгоритма.
3. Они включают в результат тип алгоритма, что допускает сосуществование паролей, хешированных разными алгоритмами.
4. Некоторые из них являются адаптируемыми — то есть с ростом производительности компьютеров эти алгоритмы можно настроить так, чтобы они стали медленнее, при этом сохраняя совместимость с существующими паролями.

В Таблице F.16 перечислены алгоритмы, поддерживаемые функцией `crypt()`.

Таблица F.16. Алгоритмы, которые поддерживает `crypt()`

Алгоритм	Макс. длина пароля	Адаптивный?	Размер соли (бит)	Размер результата	Описание
bf	72	да	128	60	На базе Blowfish, вариация 2a
md5	без ограничений	нет	48	34	<code>crypt</code> на базе MD5
xdes	8	да	24	20	Расширенный DES
des	8	нет	12	13	Изначальный <code>crypt</code> из UNIX

F.25.2.1. `crypt()`

`crypt(password text, salt text) returns text`

Вычисляет хеш пароля (*password*) в стиле `crypt(3)`. Для сохранения нового пароля необходимо вызвать `gen_salt()`, чтобы сгенерировать новое значение соли (*salt*). Для проверки пароля нужно передать сохранённое значение хеша в параметре *salt* и проверить, соответствует ли результат сохранённому значению.

Пример установки нового пароля:

```
UPDATE ... SET pswhash = crypt('new password', gen_salt('md5'));
```

Пример проверки пароля:

```
SELECT (pswhash = crypt('entered password', pswhash)) AS pswmatch FROM ... ;
```

Этот запрос возвращает true, если введённый пароль правильный.

F.25.2.2. gen_salt()

```
gen_salt(type text [, iter_count integer ]) returns text
```

Вычисляет новое случайное значение соли для функции crypt(). Строка соли также говорит crypt(), какой алгоритм использовать.

Параметр *type* задаёт алгоритм хеширования. Принимаются следующие варианты: des, xdes, md5 и bf.

Параметр *iter_count* позволяет пользователю указать счётчик итераций для алгоритма, который его принимает. Чем больше это число, тем больше времени уйдёт на вычисление хеша пароля, а значит, тем больше времени понадобится, чтобы взломать его. Хотя со слишком большим значением время вычисления хеша может вырасти до нескольких лет — это вряд ли практично. Когда параметр *iter_count* опускается, применяется количество итераций по умолчанию. Множество допустимых значений для *iter_count* зависит от алгоритма, как показано в Таблице F.17.

Таблица F.17. Счётчики итераций для crypt()

Алгоритм	По умолчанию	Мин.	Макс.
xdes	725	1	16777215
bf	6	4	31

Для xdes есть дополнительное ограничение: счётчик итераций должен быть нечётным.

При выборе подходящего числа итераций учтите, что оригинальный алгоритм DES crypt был рассчитан так, чтобы выдавать 4 хеша в секунду на компьютерах того времени. Если за секунду будет вычисляться меньше 4 хешей, скорее всего, возникнут определённые неудобства при пользовании. С другой стороны, скорость больше, чем 100 хешей в секунду, вероятно, будет слишком высокой.

В Таблице F.18 дана сводка относительной скорости различных алгоритмов хеширования. В таблице показано, сколько времени уйдёт на перебор всех комбинаций символов в восьмисимвольном пароле, в предположении, что пароль содержит только буквы в нижнем регистре, либо буквы в верхнем и нижнем регистре, а также цифры. В строках crypt-bf числа после косой черты показывают значение параметра *iter_count* функции gen_salt.

Таблица F.18. Скорости алгоритмов хеширования

Алгоритм	Хешей/сек.	Для [a-z]	Для [A-Za-z0-9]	Длительность относительно md5
crypt-bf/8	1792	4 года	3927 лет	100k
crypt-bf/7	3648	2 года	1929 лет	50k
crypt-bf/6	7168	1 год	982 лет	25k
crypt-bf/5	13504	188 дней	521 лет	12.5k
crypt-md5	171584	15 дней	41 год	1k
crypt-des	23221568	157.5 минут	108 дней	7
sha1	37774272	90 минут	68 дней	4

Алгоритм	Хешей/сек.	Для [a-z]	Для [A-Za-z0-9]	Длительность относительно md5
md5 (хеш)	150085504	22.5 минут	17 дней	1

Замечания:

- Для расчётов использовался процессор Intel Mobile Core i3.
- Показатели алгоритмов `crypt-des` и `crypt-md5` взяты из вывода теста программы John the Ripper v1.6.38.
- Показатели `md5` получены программой `mdcrack 1.2`.
- Показатели `sha1` получены программой `lcrack-20031130-beta`.
- Показатели `crypt-bf` получены простой программой, обрабатывающей в цикле 1000 паролей из 8-символов. Таким способом можно показать скорость с разным числом итераций. Для справки: `john -test` показывает 13506 циклов/с для `crypt-bf/5`. (Это очень небольшое различие в результатах согласуется с тем фактом, что реализация `crypt-bf` в `pgcrypto` не отличается от применяемой в программе John the Ripper.)

Заметьте, что вариант «перепробовать все комбинации» не вполне реалистичен. Обычно перебор паролей производится с применением словарей, которые содержат и обычные слова, и их различные видоизменения. Поэтому даже похожие на слова пароли обычно можно подобрать быстрее, чем за указанное время, тогда как 6-символьный несловесный пароль может избежать взлома. А может и не избежать.

F.25.3. Функции шифрования на базе PGP

Функции, описанные здесь, реализуют часть стандарта OpenPGP (RFC 4880), относящуюся к шифрованию. Они поддерживают шифрование как с симметричным, так и с закрытым ключом.

Зашифрованное PGP сообщение состоит из 2 частей или *пакетов*:

- Пакет, содержащий сеансовый ключ — либо симметричный, либо открытый (в зашифрованном виде).
- Пакет, содержащий данные, зашифрованные сеансовым ключом.

При шифровании с симметричным ключом (то есть, паролем):

1. Заданный пароль хешируется по алгоритму String2Key (S2K). Этот алгоритм подобен алгоритмам `crypt()` — специально замедлен и добавляет случайную соль — но на выход выдаёт двоичный ключ полной длины.
2. Если требуется отдельный сеансовый ключ, генерируется новый случайный ключ. В противном случае в качестве сеансового будет использоваться непосредственно ключ S2K.
3. Когда используется непосредственно ключ S2K, в пакет сеансового ключа помещаются только параметры S2K. В противном случае сеансовый ключ шифруется ключом S2K и результат помещается в пакет сеансового ключа.

При шифровании с открытым ключом:

1. Генерируется новый случайный сеансовый ключ.
2. Он зашифровывается открытым ключом и помещается в пакет сеансового ключа.

В любом случае данные, которые должны быть зашифрованы, обрабатываются так:

1. Необязательная подготовка данных: сжатие, перекодировка в UTF-8 и/или преобразование концов строк.

2. Перед данными добавляется блок случайных байт. Это равносильно использованию случайного вектора инициализации.
3. В конце добавляется хеш SHA1 случайного префикса и данных.
4. Всё это шифруется сеансовым ключом и помещается в пакет данных.

F.25.3.1. `pgp_sym_encrypt()`

```
pgp_sym_encrypt(data text, psu text [, options text ]) returns bytea  
pgp_sym_encrypt_bytea(data bytea, psu text [, options text ]) returns bytea
```

Шифрует данные (*data*) симметричным ключом PGP *psu*. В *options* могут передаваться криптографические параметры, описанные ниже.

F.25.3.2. `pgp_sym_decrypt()`

```
pgp_sym_decrypt(msg bytea, psu text [, options text ]) returns text  
pgp_sym_decrypt_bytea(msg bytea, psu text [, options text ]) returns bytea
```

Расшифровывает сообщение, зашифрованное симметричным ключом PGP.

Расшифровывать данные *bytea* функцией `pgp_sym_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы не допустить вывода некорректных символьных данных. Расшифровывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_sym_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *options* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

F.25.3.3. `pgp_pub_encrypt()`

```
pgp_pub_encrypt(data text, key bytea [, options text ]) returns bytea  
pgp_pub_encrypt_bytea(data bytea, key bytea [, options text ]) returns bytea
```

Зашифровывает данные (*data*) открытым ключом PGP (*key*). Если передать этой функции закрытый ключ, она выдаст ошибку.

Аргумент *options* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

F.25.3.4. `pgp_pub_decrypt()`

```
pgp_pub_decrypt(msg bytea, key bytea [, psu text [, options text ]]) returns text  
pgp_pub_decrypt_bytea(msg bytea, key bytea [, psu text [, options text ]]) returns  
bytea
```

Расшифровывает сообщение, зашифрованное открытым ключом. В *key* должен передаваться закрытый ключ, соответствующий открытому ключу, применяющемуся при шифровании. Если секретный ключ защищён паролем, этот пароль нужно передать в параметре *psu*. Если пароля нет, но необходимо передать криптографические параметры, вы должны передать пустой пароль.

Расшифровывать данные *bytea* функцией `pgp_pub_decrypt` запрещено. Это ограничение введено, чтобы не допустить вывода недопустимых символьных данных. Расшифровывать изначально текстовые данные с помощью `pgp_pub_decrypt_bytea` можно без ограничений.

Аргумент *options* может содержать криптографические параметры, описанные ниже.

F.25.3.5. `pgp_key_id()`

```
pgp_key_id(bytea) returns text
```

`pgp_key_id` извлекает идентификатор ключа из открытого или закрытого ключа PGP. Она также может выдать идентификатор ключа, которым были зашифрованы данные, если ей передаётся зашифрованное сообщение.

Она может выдать два специальных идентификатора ключа:

- `SYMKEY`

Сообщение зашифровано симметричным ключом.

- `ANYKEY`

Сообщение зашифровано открытым ключом, но идентификатор ключа был удалён. Это означает, что вам надо будет перепробовать ключи, чтобы подобрать подходящий. Сама библиотека `pgcrypto` не генерирует такие сообщения.

Заметьте, что разные ключи могут иметь одинаковый идентификатор. Это редкое, но не невероятное явление. В таком случае клиентское приложение должно пытаться расшифровать данные с каждым ключом, пока не найдёт подходящий — примерно так же, как и с `ANYKEY`.

F.25.3.6. `armor()`, `dearmor()`

```
armor(data bytea [ , keys text[], values text[] ]) returns text
dearmor(data text) returns bytea
```

Эти функции переводят двоичные данные в/из формата PGP «ASCII Armor», по сути представляющий собой кодировку Base64 с контрольными суммами и дополнительным форматированием.

Если задаются массивы `keys` и `values`, для каждой пары ключ/значения в формат Armor добавляется заголовок *Armor*. Оба массива должны быть одномерными и иметь одинаковую длину. Задаваемые ключи и значения могут содержать только символы ASCII.

F.25.3.7. `pgp_armor_headers`

```
pgp_armor_headers(data text, key out text, value out text) returns setof record
```

Функция `pgp_armor_headers()` извлекает заголовки Armor из параметра `data`. Она возвращает набор строк с двумя столбцами, `key` и `value`. Если в ключах или значениях оказываются символы не ASCII, они воспринимаются как UTF-8.

F.25.3.8. Параметры функций PGP

Имена параметров подобны принятым в GnuPG. Значение параметра должно задаваться после знака равно; друг от друга параметры отделяются запятыми. Например:

```
pgp_sym_encrypt(data, psw, 'compress-algo=1, cipher-algo=aes256')
```

Все эти параметры, кроме `convert-crlf`, применяются только к функциям шифрования. Функции расшифровывания получают параметры из данных PGP.

Вероятно, самые интересные параметры — это `compress-algo` и `unicode-mode`. Остальные должны иметь достаточно адекватные значения по умолчанию.

F.25.3.8.1. `cipher-algo`

Выбирает алгоритм шифрования.

Значения: `bf`, `aes128`, `aes192`, `aes256` (только OpenSSL: `3des`, `cast5`)

По умолчанию: `aes128`

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, `pgp_pub_encrypt`

F.25.3.8.2. `compress-algo`

Выбирает алгоритм сжатия. Принимается, только если PostgreSQL собран с `zlib`.

Значения:

0 — без сжатия

1 — сжатие ZIP

2 — сжатие ZLIB (= ZIP плюс метаданные и CRC блоков)

По умолчанию: 0

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, `pgp_pub_encrypt`

F.25.3.8.3. compress-level

Определяет уровень сжатия. Чем больше уровень, тем меньшего объема результат, но длительнее процесс. Значение 0 отключает сжатие.

Значения: 0, 1-9

По умолчанию: 6

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, `pgp_pub_encrypt`

F.25.3.8.4. convert-crlf

Определяет, преобразовывать ли `\n` в `\r\n` при шифровании и `\r\n` в `\n` при дешифровании. В RFC 4880 требуется, чтобы текстовые данные хранились с переводами строк в виде `\r\n`. Воспользуйтесь этим параметром, чтобы поведение полностью соответствовало RFC.

Значения: 0, 1

По умолчанию: 0

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, `pgp_pub_encrypt`, `pgp_sym_decrypt`, `pgp_pub_decrypt`

F.25.3.8.5. disable-mdc

Не защищать данные хешем SHA-1. Единственная разумная причина использовать этот параметр — добиться совместимости с древними программами PGP, вышедшими до того, как в RFC 4880 была предусмотрена защита пакетов с SHA-1. Все последние реализации с `gnupg.org` и `pgp.com` прекрасно поддерживают это.

Значения: 0, 1

По умолчанию: 0

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, `pgp_pub_encrypt`

F.25.3.8.6. sess-key

Использовать отдельный сеансовый ключ. Для шифрования с открытым ключом всегда используется отдельный сеансовый ключ; этот параметр предназначен для шифрования с симметричным ключом, которое по умолчанию использует непосредственно ключ S2K.

Значения: 0, 1

По умолчанию: 0

Применим к: `pgp_sym_encrypt`

F.25.3.8.7. s2k-mode

Режим алгоритма S2K.

Значения:

0 — Без соли. Опасно!

1 — С солью, но с фиксированным числом итераций.

3 — С переменным числом итераций.

По умолчанию: 3

Применим к: `pgp_sym_encrypt`

F.25.3.8.8. s2k-count

Число итераций для алгоритма S2K. Оно должно быть не меньше 1024 и не больше 65011712.

По умолчанию: случайное значение между 65536 и 253952

Применим к: `pgp_sym_encrypt`, только с `s2k-mode=3`

F.25.3.8.9. s2k-digest-algo

Выбирает алгоритм хеширования, который будет использоваться для вычисления S2K.

Значения: md5, sha1
По умолчанию: sha1
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.10. s2k-cipher-algo

Выбирает шифр, который будет использоваться для шифрования отдельного сеансового ключа.

Значения: bf, aes, aes128, aes192, aes256
По умолчанию: используется cipher-algo
Применим к: pgp_sym_encrypt

F.25.3.8.11. unicode-mode

Определяет, преобразовывать ли текстовые данные из внутренней кодировки базы данных в UTF-8 и обратно. Если кодировка базы уже UTF-8, перекодировка не производится, но сообщение помечается как UTF-8. Без данного параметра этого не происходит.

Значения: 0, 1
По умолчанию: 0
Применим к: pgp_sym_encrypt, pgp_pub_encrypt

F.25.3.9. Формирование ключей PGP с применением GnuPG

Формирование нового ключа:

```
gpg --gen-key
```

Предпочитаемый тип ключей: «DSA and Elgamal».

Для шифрования RSA вы должны создать главный ключ либо DSA, либо RSA только для подписания, а затем добавить подключ для шифрования, выполнив команду `gpg --edit-key`.

Просмотр списка ключей:

```
gpg --list-secret-keys
```

Экспорт открытого ключа в формате «ASCII Armor»:

```
gpg -a --export KEYID > public.key
```

Экспорт закрытого ключа в формате «ASCII Armor»:

```
gpg -a --export-secret-keys KEYID > secret.key
```

Прежде чем передавать эти ключи функциям PGP, вы должны применить функцию `dearmor()` к этим ключам. Либо, если вы можете обработать двоичные данные, уберите `-a` из команды.

Дополнительную информацию вы можете получить в руководстве `man gpg`, *The GNU Privacy Handbook* (Руководство GNU по обеспечению конфиденциальности) и другой документации на сайте <https://www.gnupg.org/>.

F.25.3.10. Ограничения кода PGP

- Не поддерживается подписывание. Это также означает, что принадлежность подключа шифрования главному ключу не проверяется.
- Не поддерживается использование ключа шифрования в качестве главного ключа. Так как подобная практика обычно не приветствуется, это не должно быть проблемой.
- Нет поддержки нескольких подключей. Это может представляться проблемой, так как такие ключи не редкость. С другой стороны, вы всё равно не должны использовать обычные ключи GPG/PGP с `pgcrypto`, а должны создать новые, учитывая, что это другой сценарий использования.

F.25.4. Низкоуровневые функции шифрования

Эти функции выполняют только шифрование данных; они не предоставляют расширенные возможности шифрования PGP. Таким образом, с ними связаны следующие проблемы:

1. Они используют ключ пользователя непосредственно в качестве ключа шифрования.
2. Они не обеспечивают проверку целостности, которая должна выявлять модификацию зашифрованных данных.
3. Они рассчитаны на то, что пользователи будут управлять всеми параметрами шифрования самостоятельно, даже вектором инициализации.
4. Они не рассчитаны на текст.

Поэтому с появлением поддержки шифрования PGP использовать низкоуровневые функции шифрования не рекомендуется.

```
encrypt(data bytea, key bytea, type text) returns bytea  
decrypt(data bytea, key bytea, type text) returns bytea
```

```
encrypt_iv(data bytea, key bytea, iv bytea, type text) returns bytea  
decrypt_iv(data bytea, key bytea, iv bytea, type text) returns bytea
```

Эти функции зашифровывают/расшифровывают данные, применяя метод шифрования, заданный параметром *type*. Строка *type* имеет следующий формат:

алгоритм [- *режим*] [/*pad*: *дозаполнение*]

где допустимый *алгоритм*:

- *bf* — Blowfish
- *aes* — AES (Rijndael-128, -192 или -256)

допустимый *режим*:

- *cbc* — следующий блок зависит от предыдущего (по умолчанию)
- *ecb* — каждый блок шифруется отдельно (только для тестирования)

и допустимое *дозаполнение*:

- *pkcs* — данные могут быть любой длины (по умолчанию)
- *none* — размер данных должен быть кратен размеру блока шифра

Так что, например, эти вызовы равнозначны:

```
encrypt(data, 'fooz', 'bf')  
encrypt(data, 'fooz', 'bf-cbc/pad:pkcs')
```

Для функций *encrypt_iv* и *decrypt_iv* параметр *iv* задаёт начальное значение для режима CBC; для ECB он игнорируется. Оно обрезается или дополняется нулями, если его размер не равен ровно размеру блока. В функциях без этого параметра оно по умолчанию заполняется нулями.

F.25.5. Функции получения случайных данных

```
gen_random_bytes(count integer) returns bytea
```

Возвращает криптографически стойкие случайные байты в количестве *count*. За один вызов можно получить максимум 1024 байт. Это ограничение предотвращает исчерпание пула энтропии.

```
gen_random_uuid() returns uuid
```

Возвращает UUID версии 4 (случайный).

F.25.6. Замечания

F.25.6.1. Конфигурирование

Модуль `pgcrypto` настраивается согласно установкам, полученным в главном скрипте `configure PostgreSQL`. На его конфигурацию влияют аргументы `--with-zlib` и `--with-openssl`.

При компиляции с `zlib` шифрующие функции PGP могут сжимать данные перед шифрованием.

При компиляции с `OpenSSL` будут доступны дополнительные алгоритмы. Кроме того, функции шифрования с открытым ключом будут быстрее, так как `OpenSSL` содержит оптимизированные функции для работы с большими числами (BIGNUM).

Таблица F.19. Обзор функциональности с и без `OpenSSL`

Функциональность	Встроенная	С <code>OpenSSL</code>
MD5	да	да
SHA1	да	да
SHA224/256/384/512	да	да
Другие алгоритмы хеширования	нет	да (Примечание 1)
Blowfish	да	да
AES	да	да
DES/3DES/CAST5	нет	да
Низкоуровневое шифрование	да	да
Симметричное шифрование PGP	да	да
Шифрование PGP с открытым ключом	да	да

Замечания:

1. Автоматически выбирается любой алгоритм хеширования, который поддерживает `OpenSSL`. Это невозможно с шифрами, они должны поддерживаться явно.

F.25.6.2. Обработка NULL

Как и положено по стандарту SQL, все эти функции возвращают NULL, если один из аргументов — NULL. Это может угрожать безопасности при неаккуратном использовании.

F.25.6.3. Ограничения безопасности

Все функции `pgcrypto` выполняются внутри сервера баз данных. Это означает, что все данные и пароли передаются между функциями `pgcrypto` и клиентскими приложениями открытым текстом. Поэтому вы должны:

1. Подключаться локально или использовать подключения SSL.
2. Доверять и системе, и администратору баз данных.

Если это невозможно, лучше произвести шифрование в клиентском приложении.

Эта реализация не противостоит атакам по сторонним каналам. Например, время, требующееся для выполнения функции дешифрования `pgcrypto`, будет разным для разного шифротекста заданного размера.

F.25.6.4. Полезное чтение

- <https://www.gnupg.org/gph/en/manual.html>
The GNU Privacy Handbook (Руководство GNU по обеспечению конфиденциальности)
- <http://www.openwall.com/crypt/>
Описывает алгоритм crypt-blowfish.
- <http://www.iusmentis.com/security/passphrasefaq/>
Как выбрать хороший пароль.
- <http://world.std.com/~reinhold/diceware.html>
Интересный способ выбора пароля.
- <http://www.interhack.net/people/cmcurtin/snake-oil-faq.html>
Описывает хорошую и плохую криптографию.

F.25.6.5. Техническая информация

- <https://tools.ietf.org/html/rfc4880>
Формат сообщений OpenPGP.
- <https://tools.ietf.org/html/rfc1321>
Алгоритм вычисления дайджеста сообщения MD5.
- <https://tools.ietf.org/html/rfc2104>
HMAC: Хеширование по ключу для аутентификации сообщений.
- <https://www.usenix.org/legacy/events/usenix99/provos.html>
Сравнение алгоритмов crypt-des, crypt-md5 и bcrypt.
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Fortuna_\(PRNG\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fortuna_(PRNG))
Описание Fortuna CSPRNG.
- <http://jlcooke.ca/random/>
Драйвер /dev/random для Linux на базе Fortuna, написанный Жан-Люком Куком.

F.25.7. Автор

Марко Крин <markokr@gmail.com>

Модуль `pgcrypto` заимствует код из следующих источников:

Алгоритм	Автор	Источник исходного кода
Шифрование DES	Дэвид Буррен и другие	FreeBSD, libcrypt
Хеширование MD5	Пол-Хеннинг Камп	FreeBSD, libcrypt
Шифрование Blowfish	Solar Designer	www.openwall.com
Шифр Blowfish	Саймон Тэтэм	PuTTY
Шифр Rijndael	Брайан Глэдмен	OpenBSD, sys/crypto
Хеш MD5 и SHA1	Проект WIDE	KAME, kame/sys/crypto
SHA256/384/512	Аарон Д. Гиффорд	OpenBSD, sys/crypto

Алгоритм	Автор	Источник исходного кода
Математика BIGNUM	Майкл Дж. Фромберг	dartmouth.edu/~sting/sw/imath

F.26. pg_freespacemap

Модуль `pg_freespacemap` предоставляет средства для исследования карты свободного пространства (FSM). В нём реализована функция `pg_freespace`, точнее, две перегруженных функции. Эти функции показывают значение, записанное в карте свободного пространства для данной страницы, либо для всех страниц отношения.

По умолчанию его использование разрешено только суперпользователям и членам роли `pg_stat_scan_tables`. Дать доступ другим можно с помощью `GRANT`.

F.26.1. Функции

`pg_freespace(rel regclass IN, blkno bigint IN) returns int2`

Возвращает объём свободного пространства на странице для отношения, заданного параметром `blkno`, согласно FSM.

`pg_freespace(rel regclass IN, blkno OUT bigint, avail OUT int2)`

Выдаёт объём свободного пространства на каждой странице отношения, согласно FSM. Возвращается набор кортежей (`blkno bigint, avail int2`), по одному кортежу для каждой страницы в отношении.

Значения, хранимые в карте свободного пространства, не являются точными. Они округляются до 1/256 величины `BLCKSZ` (до 32 байт со значением `BLCKSZ` по умолчанию) и не поддерживаются в актуальном состоянии при каждом добавлении и изменении кортежей.

Для индексов отслеживаются полностью неиспользованные страницы, а не свободное пространство в страницах. Таким образом, эти значения отражают только то, что страница занята или свободна.

Примечание

Интерфейс был изменён в версии 8.4, в соответствии с нововведениями реализации FSM, которые появились в этой версии.

F.26.2. Пример вывода

```
postgres=# SELECT * FROM pg_freespace('foo');
```

blkno	avail
0	0
1	0
2	0
3	32
4	704
5	704
6	704
7	1216
8	704
9	704
10	704
11	704


```

12 |      704
13 |      704
14 |      704
15 |      704
16 |      704
17 |      704
18 |      704
19 |     3648
(20 rows)

```

```

postgres=# SELECT * FROM pg_freespace('foo', 7);
pg_freespace
-----
          1216
(1 row)

```

F.26.3. Автор

Исходную версию разработал Марк Кирквуд <markir@paradise.net.nz>. Для версии 8.4 с новой реализацией FSM код адаптировал Хейкки Линнакангас <heikki@enterprisedb.com>

F.27. pg_prewarm

Модуль `pg_prewarm` предоставляет удобную возможность загружать данные отношений в кеш операционной системы или в кеш буферов PostgreSQL. Предварительную загрузку можно выполнить вручную, вызвав функцию `pg_prewarm`, или автоматически, добавив `pg_prewarm` в `shared_preload_libraries`. Во втором случае система запустит фоновый процесс, который будет периодически записывать содержимое разделяемых буферов в файл `autoprewarm.blocks` с тем, чтобы эти блоки подгружались в память при запуске сервера, используя два дополнительных фоновых процесса.

F.27.1. Функции

```

pg_prewarm(regclass, mode text default 'buffer', fork text default 'main',
           first_block int8 default null,
           last_block int8 default null) RETURNS int8

```

Первый аргумент задаёт отношение, которое будет «разогрето». Во втором указывается метод «разогрева», из описанных ниже; в третьем задаётся целевой слой отношения, обычно `main`. В четвёртом аргументе можно передать номер первого разогреваемого блока (`NULL` принимается как синоним нуля), а в пятом — номер последнего блока (`NULL` означает последний блок отношения). Возвращает эта функция количество разогретых блоков.

Эта функция поддерживает три режима разогрева. В режиме `prefetch` выдаются асинхронные запросы предвыборки данных операционной системе, если они поддерживаются, либо происходит ошибка. В режиме `read` считывается заданный диапазон блоков; в отличие от `prefetch` это происходит синхронно и поддерживается во всех ОС и любыми сборками, но может быть медленнее. В режиме `buffer` запрошенный диапазон блоков считывается в кеш буферов базы данных.

Заметьте, что с любым из этих методов попытка разогреть больше блоков, чем может уместиться в кеше (в кеше ОС в режимах `prefetch` и `read`, либо в кеше PostgreSQL в режиме `buffer`) скорее всего приведёт к тому, что блоки с меньшими номерами будут вытеснены из кеша при чтении последующих блоков. Кроме того, разогретые данные никаким специальным образом не защищаются от вытеснения из кеша, так что возможна ситуация, когда из-за другой активности только что разогретые блоки будут вытеснены вскоре после чтения; с другой стороны при таком разогреве из кеша могут быть вытеснены другие данные. Поэтому разогрев обычно наиболее полезен при загрузке, когда кеш в основном пуст.

```

autoprewarm_start_worker() RETURNS void

```

Запустить основной рабочий процесс авторазогрева. Обычно он запускается автоматически, но эта функция полезна, если автоматический разогрев не был настроен при запуске сервера и вы хотите запустить этот процесс позже.

```
autoprewarm_dump_now() RETURNS int8
```

Обновить `autoprewarm.blocks` немедленно. Это может быть полезно, если рабочий процесс авторазогрева не работает, но вы хотите, чтобы авторазогрев был произведён при перезапуске. Эта функция возвращает число записей, внесённых в `autoprewarm.blocks`.

F.27.2. Параметры конфигурации

```
pg_prewarm.autoprewarm (boolean)
```

Указывает, должен ли сервер запускать рабочий процесс авторазогрева. По умолчанию он включён. Задать этот параметр можно только при запуске сервера.

```
pg_prewarm.autoprewarm_interval (int)
```

Задаёт интервал между обновлениями файла `autoprewarm.blocks`. Значение по умолчанию — 300 сек. При значении, равном 0, файл будет сохраняться не периодически, а только при отключении сервера.

F.27.3. Автор

Роберт Хаас <rhaas@postgresql.org>

F.28. pgrowlocks

Модуль `pgrowlocks` предоставляет функцию, показывающую информацию о блокировке строк для заданной таблицы.

По умолчанию его использование разрешено суперпользователям, членам роли `pg_stat_scan_tables` и пользователям с правом `SELECT` в заданной таблице.

F.28.1. Обзор

```
pgrowlocks(text) returns setof record
```

В параметре передаётся имя таблицы. В результате возвращается набор записей, в котором строка соответствует строке, заблокированной в таблице. Столбцы результата показаны в Таблице F.20.

Таблица F.20. Столбцы результата `pgrowlocks`

Имя	Тип	Описание
<code>locked_row</code>	<code>tid</code>	Идентификатор кортежа (TID) заблокированной строки
<code>locker</code>	<code>xid</code>	Идентификатор блокирующей транзакции или идентификатор мультитранзакции, если это мультитранзакция
<code>multi</code>	<code>boolean</code>	True, если блокирующий субъект — мультитранзакция
<code>xids</code>	<code>xid[]</code>	Идентификаторы блокирующих транзакций (больше одной для мультитранзакции)
<code>modes</code>	<code>text[]</code>	Режим блокирования (больше одного для мультитранзакции), массив со значениями <code>Key</code>

Имя	Тип	Описание
		Share, Share, For No Key Update, No Key Update, For Update, Update.
pids	integer[]	Идентификаторы блокирующих обслуживающих процессов (больше одного для мультитранзакции)

Функция `pgrowlocks` запрашивает блокировку `AccessShareLock` для целевой таблицы и считывает строку за строкой для сбора информации о блокировке строк. Это происходит небыстро для большой таблицы. Заметьте, что:

1. Если таблица в целом заблокирована кем-то ещё, функция `pgrowlocks` будет блокироваться.
2. Функция `pgrowlocks` не гарантирует внутреннюю согласованность результатов. В ходе её выполнения могут быть установлены новые блокировки строк, либо освобождены старые.

Функция `pgrowlocks` не показывает содержимое заблокированных строк. Если вы хотите параллельно взглянуть на содержимое строк, можно проделать примерно следующее:

```
SELECT * FROM accounts AS a, pgrowlocks('accounts') AS p
WHERE p.locked_row = a.ctid;
```

Однако учтите, что такой запрос будет очень неэффективным.

F.28.2. Пример вывода

```
=# SELECT * FROM pgrowlocks('t1');
locked_row | locker | multi | xids | modes | pids
-----+-----+-----+-----+-----+-----
(0,1)      |      609 | f      | {609} | {"For Share"} | {3161}
(0,2)      |      609 | f      | {609} | {"For Share"} | {3161}
(0,3)      |      607 | f      | {607} | {"For Update"} | {3107}
(0,4)      |      607 | f      | {607} | {"For Update"} | {3107}
(4 rows)
```

F.28.3. Автор

Тацуо Исии

F.29. pg_stat_statements

Модуль `pg_stat_statements` предоставляет возможность отслеживать статистику выполнения сервером всех операторов SQL.

Этот модуль нужно загружать, добавив `pg_stat_statements` в `shared_preload_libraries` в файле `postgresql.conf`, так как ему требуется дополнительная разделяемая память. Это значит, что для загрузки или выгрузки модуля необходимо перезапустить сервер.

Когда модуль `pg_stat_statements` загружается, он отслеживает статистику по всем базам данных на сервере. Для получения и обработки этой статистики этот модуль предоставляет представление `pg_stat_statements` и вспомогательные функции `pg_stat_statements_reset` и `pg_stat_statements`. Эти объекты не доступны глобально, но их можно установить в определённой базе данных, выполнив команду `CREATE EXTENSION pg_stat_statements`.

F.29.1. Представление pg_stat_statements

Статистика, собираемая модулем, выдаётся через представление с именем `pg_stat_statements`. Это представление содержит отдельные строки для каждой комбинации идентификатора базы дан-

ных, идентификатора пользователя и идентификатора запроса (но в количестве, не превышающем максимальное число различных операторов, которые может отслеживать модуль). Столбцы представления показаны в Таблице F.21.

Таблица F.21. Столбцы pg_stat_statements

Имя	Тип	Ссылки	Описание
userid	oid	pg_authid .oid	OID пользователя, выполнявшего оператор
dbid	oid	pg_database .oid	OID базы данных, в которой выполнялся оператор
queryid	bigint		Внутренний хеш-код, вычисленный по дереву разбора оператора
query	text		Текст, представляющий оператор
calls	bigint		Число выполнений
total_time	double precision		Общее время, потраченное на оператор, в миллисекундах
min_time	double precision		Минимальное время, потраченное на оператор, в миллисекундах
max_time	double precision		Максимальное время, потраченное на оператор, в миллисекундах
mean_time	double precision		Среднее время, потраченное на оператор, в миллисекундах
stddev_time	double precision		Стандартное отклонение во времени, потраченном на оператор, в миллисекундах
rows	bigint		Общее число строк, полученных или затронутых оператором
shared_blks_hit	bigint		Общее число попаданий в разделяемый кеш блоков для данного оператора
shared_blks_read	bigint		Общее число чтений разделяемых блоков для данного оператора
shared_blks_dirtied	bigint		Общее число разделяемых блоков, «загрязнённых» данным оператором
shared_blks_written	bigint		Общее число разделяемых блоков, записанных данным оператором

Имя	Тип	Ссылки	Описание
local_blks_hit	bigint		Общее число попаданий в локальный кеш блоков для данного оператора
local_blks_read	bigint		Общее число чтений локальных блоков для данного оператора
local_blks_dirtied	bigint		Общее число локальных блоков, «загрязнённых» данным оператором
local_blks_written	bigint		Общее число локальных блоков, записанных данным оператором
temp_blks_read	bigint		Общее число чтений временных блоков для данного оператора
temp_blks_written	bigint		Общее число записей временных блоков для данного оператора
blk_read_time	double precision		Общее время, потраченное оператором на чтение блоков, в миллисекундах (если включён <code>track_io_timing</code> , или ноль в противном случае)
blk_write_time	double precision		Общее время, потраченное оператором на запись блоков, в миллисекундах (если включён <code>track_io_timing</code> , или ноль в противном случае)

По соображениям безопасности только суперпользователям и членам роли `pg_read_all_stats` разрешено видеть текст SQL и `queryid` запросов, выполняемых другими пользователями. Однако другие пользователи могут видеть статистику, если это представление установлено в их базу данных.

Планируемые запросы (то есть, `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`) объединяются в одну запись в `pg_stat_statements`, когда они имеют идентичные структуры запросов согласно внутреннему вычисленному хешу. Обычно два запроса будут считаться равными при таком сравнении, если они семантически равнозначны, не считая значений констант, фигурирующих в запросе. Однако служебные команды (то есть все другие команды) сравниваются строго по текстовым строкам запросов.

Когда значение константы игнорируется в целях сравнения запроса с другими запросами, эта константа заменяется в выводе `pg_stat_statements` обозначением параметра, например, `$1`. В остальном этот вывод содержит текст первого запроса, хеш которого равнялся значению `queryid`, связанному с записью в `pg_stat_statements`.

В некоторых случаях запросы с визуально различными текстами могут быть объединены в одну запись `pg_stat_statements`. Обычно это происходит только для семантически равнозначных за-

просов, но есть небольшая вероятность, что из-за наложений хеша несвязанные запросы могут оказаться объединёнными в одной записи. (Однако это невозможно для запросов, принадлежащих разным пользователям баз данных.)

Так как значение хеша `queryid` вычисляется по представлениям запроса на стадии после разбора, возможна и обратная ситуация: запросы с одинаковым текстом могут оказаться в разных записях, если они получили различные представления по разным причинам, например, из-за изменения `search_path`.

Потребители статистики `pg_stat_statements` могут пожелать использовать в качестве более стабильного и надёжного идентификатора для каждой записи не текст запроса, а `queryid` (возможно, в сочетании с `dbid` и `userid`). Однако важно понимать, что стабильность значения хеша `queryid` гарантируется с ограничениями. Так как этот идентификатор получается из дерева запроса после анализа, его значение будет, помимо прочего, зависеть от внутренних идентификаторов объектов, фигурирующих в этом представлении. С этим связано несколько неинтуитивных следствий. Например, `pg_stat_statements` будет считать два одинаково выглядящих запроса разными, если они обращаются к таблице, которая была удалена, а затем воссоздана между этими запросами. Результат хеширования также чувствителен к различиям в машинной архитектуре и другим особенностям платформы. Более того, не стоит рассчитывать на то, что `queryid` будет оставаться неизменным при обновлении основных версий PostgreSQL.

Как правило, значения `queryid` можно считать надёжными и сравнимыми, только с условием, что версия сервера и детали метаданных каталога неизменны. Следовательно, можно ожидать, что два сервера, участвующие в репликации на основе воспроизведения физического WAL, будут иметь одинаковые `queryid` для одного запроса. Однако схемы с логической репликацией не гарантируют сохранения идентичности реплик во всех имеющих значение деталях, так что `queryid` не будет полезным идентификатором для накопления показателей стоимости по набору логических реплик. В случае сомнений в том или ином подходе, рекомендуется непосредственно протестировать его.

Обозначения параметров, применяемые для замены констант в представляющем запросы тексте, нумеруются, начиная со следующего за последним параметром $\$n$ в исходном тексте запроса, или с $\$1$ в отсутствие параметров в нём. Стоит отметить, что в некоторых случаях на эту нумерацию могут влиять скрытые символы параметров. Например, PL/pgSQL применяет такие символы для добавления в запросы значений локальных переменных функций, так что оператор PL/pgSQL вида `SELECT i + 1 INTO j` будет представлен в тексте как `SELECT i + $2`.

Текст, представляющий запрос, сохраняется во внешнем файле не диске и не занимает разделяемую память. Поэтому даже очень объёмный текст запроса может быть сохранён успешно. Однако, если в файле накапливается много длинных текстов запросов, он может вырасти до неудобоваримого размера. В качестве решения этой проблемы, `pg_stat_statements` может решить стереть текст запросов, и в результате во всех существующих записях в представлении `pg_stat_statements` в поле `query` окажутся значения `NULL`, хотя статистика, связанная с каждым `queryid` будет сохранена. Если это происходит и мешает анализу, возможно, стоит уменьшить `pg_stat_statements.max` для предотвращения таких ситуаций.

F.29.2. Функции

`pg_stat_statements_reset()` returns void

Функция `pg_stat_statements_reset` очищает всю статистику, собранную к этому времени модулем `pg_stat_statements`. По умолчанию эту функцию могут выполнять только суперпользователи.

`pg_stat_statements(showtext boolean)` returns setof record

Представление `pg_stat_statements` реализовано на базе функции, которая тоже называется `pg_stat_statements`. Клиенты могут вызывать функцию `pg_stat_statements` непосредственно, и могут указать `showtext := false` и получить результат без текста запроса (то есть, выходной аргумент (OUT), соответствующий столбцу представления `query`, будет содержать `NULL`). Эта возможность предназначена для поддержки внешних инструментов, для которых желательно избежать издержек, связанных с получением текстов запросов неопределённой дли-

ны. Такие инструменты могут кешировать текст первого запроса, который они получают самостоятельно, как это и делает `pg_stat_statements`, а затем запрашивать тексты запросов только при необходимости. Так как сервер сохраняет тексты запросов в файле, этот подход сокращает объём физического ввода/вывода, порождаемого при постоянном обращении к данным `pg_stat_statements`.

F.29.3. Параметры конфигурации

`pg_stat_statements.max (integer)`

Параметр `pg_stat_statements.max` задаёт максимальное число операторов, отслеживаемых модулем (то есть, максимальное число строк в представлении `pg_stat_statements`). Когда на обработку поступает больше, чем заданное число различных операторов, информация о редко выполняемых операторах отбрасывается. Значение по умолчанию — 5000. Этот параметр можно задать только при запуске сервера.

`pg_stat_statements.track (enum)`

Параметр `pg_stat_statements.track` определяет, какие операторы будут отслеживаться модулем. Со значением `top` отслеживаются операторы верхнего уровня (те, что непосредственно выполняются клиентами), со значением `all` также отслеживаются вложенные операторы (например, операторы, вызываемые внутри функций), а значение `none` полностью отключает сбор статистики по операторам. Значение по умолчанию — `top`. Изменять этот параметр могут только суперпользователи.

`pg_stat_statements.track_utility (boolean)`

Параметр `pg_stat_statements.track_utility` определяет, будет ли этот модуль отслеживать служебные команды. Служебными командами считаются команды, отличные от `SELECT`, `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Значение по умолчанию — `on` (вкл.). Изменить этот параметр могут только суперпользователи.

`pg_stat_statements.save (boolean)`

Параметр `pg_stat_statements.save` определяет, должна ли статистика операторов сохраняться после перезагрузки сервера. Если он отключён (имеет значение `off`), статистика не сохраняется при остановке сервера и не перезагружается при запуске. Значение по умолчанию — `on` (вкл.). Этот параметр можно задать только в `postgresql.conf` или в командной строке сервера.

Этому модулю требуется дополнительная разделяемая память в объёме, пропорциональном `pg_stat_statements.max`. Заметьте, что эта память будет занята при загрузке модуля, даже если `pg_stat_statements.track` имеет значение `none`.

Эти параметры должны задаваться в `postgresql.conf`. Обычное использование выглядит так:

```
# postgresql.conf
shared_preload_libraries = 'pg_stat_statements'

pg_stat_statements.max = 10000
pg_stat_statements.track = all
```

F.29.4. Пример вывода

```
bench=# SELECT pg_stat_statements_reset();

$ pgbench -i bench
$ pgbench -c10 -t300 bench

bench=# \x
bench=# SELECT query, calls, total_time, rows, 100.0 * shared_blks_hit /
          nullif(shared_blks_hit + shared_blks_read, 0) AS hit_percent
          FROM pg_stat_statements ORDER BY total_time DESC LIMIT 5;
-[ RECORD 1 ]-----
```

```

query      | UPDATE pgbench_branches SET bbalance = bbalance + $1 WHERE bid = $2;
calls      | 3000
total_time | 9609.001000000002
rows       | 2836
hit_percent | 99.9778970000200936
-[ RECORD 2 ]-----
query      | UPDATE pgbench_tellers SET tbalance = tbalance + $1 WHERE tid = $2;
calls      | 3000
total_time | 8015.156
rows       | 2990
hit_percent | 99.9731126579631345
-[ RECORD 3 ]-----
query      | copy pgbench_accounts from stdin
calls      | 1
total_time | 310.624
rows       | 100000
hit_percent | 0.30395136778115501520
-[ RECORD 4 ]-----
query      | UPDATE pgbench_accounts SET abalance = abalance + $1 WHERE aid = $2;
calls      | 3000
total_time | 271.7419999999997
rows       | 3000
hit_percent | 93.7968855088209426
-[ RECORD 5 ]-----
query      | alter table pgbench_accounts add primary key (aid)
calls      | 1
total_time | 81.42
rows       | 0
hit_percent | 34.4947735191637631

```

F.29.5. Авторы

Такахиро Итагаки <itagaki.takahiro@oss.ntt.co.jp>. Нормализацию запросов добавил Питер Геохеган <peter@2ndquadrant.com>.

F.30. pgstattuple

Модуль `pgstattuple` предоставляет различные функции для получения статистики на уровне кортежей.

Так как эти функции возвращают подробную информацию, относящуюся к уровню страницы, доступ к ним по умолчанию ограничен. Право `EXECUTE` для них имеет только роль `pg_stat_scan_tables`. Разумеется, суперпользователи могут обойти это ограничение. После того как это расширение установлено, можно поменять права доступа к этим функциям командами `GRANT` и разрешить их выполнение другим пользователям. Однако предпочтительнее будет добавить этих пользователей в роль `pg_stat_scan_tables`.

F.30.1. Функции

`pgstattuple(regclass)` returns record

Функция `pgstattuple` возвращает физическую длину отношения, процент «мёртвых» кортежей и другую информацию. Она может быть полезна для принятия решения о необходимости очистки. В аргументе передаётся имя (возможно, дополненное схемой) или OID целевого отношения. Например:

```

test=> SELECT * FROM pgstattuple('pg_catalog.pg_proc');
-[ RECORD 1 ]-----+-----
table_len          | 458752
tuple_count        | 1470

```



```
tuple_len      | 438896
tuple_percent  | 95.67
dead_tuple_count | 11
dead_tuple_len  | 3157
dead_tuple_percent | 0.69
free_space     | 8932
free_percent    | 1.95
```

Столбцы результата описаны в Таблице F.22.

Таблица F.22. Столбцы результата pgstattuple

Столбец	Тип	Описание
table_len	bigint	Физическая длина отношения в байтах
tuple_count	bigint	Количество «живых» кортежей
tuple_len	bigint	Общая длина «живых» кортежей в байтах
tuple_percent	float8	Процент «живых» кортежей
dead_tuple_count	bigint	Количество «мёртвых» кортежей
dead_tuple_len	bigint	Общая длина «мёртвых» кортежей в байтах
dead_tuple_percent	float8	Процент «мёртвых» кортежей
free_space	bigint	Общий объём свободного пространства в байтах
free_percent	float8	Процент свободного пространства

Примечание

Значение `table_len` всегда будет больше суммы `tuple_len`, `dead_tuple_len` и `free_space`. Разница объясняется фиксированными издержками, внутривстраничной таблицей указателей на кортежи и пропусками, добавляемыми для выравнивания кортежей.

Функция `pgstattuple` получает блокировку отношения только для чтения. Таким образом, её результаты отражают не мгновенный снимок; на них будут влиять параллельные изменения.

`pgstattuple` считает кортеж «мёртвым», если `HeapTupleSatisfiesDirty` возвращает `false`.

`pgstattuple(text)` returns record

Эта функция равнозначна функции `pgstattuple(regclass)` за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

`pgstatindex(regclass)` returns record

Функция `pgstatindex` возвращает запись с информацией об индексе типа B-дерево. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstatindex('pg_cast_oid_index');
-[ RECORD 1 ]-----+-----
version          | 2
tree_level       | 0
index_size       | 16384
root_block_no    | 1
```

```
internal_pages      | 0
leaf_pages         | 1
empty_pages        | 0
deleted_pages      | 0
avg_leaf_density   | 54.27
leaf_fragmentation | 0
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии В-дерева
tree_level	integer	Уровень корневой страницы в дереве
index_size	bigint	Общий объём индекса в байтах
root_block_no	bigint	Расположение страницы корня (0, если её нет)
internal_pages	bigint	Количество «внутренних» страниц (верхнего уровня)
leaf_pages	bigint	Количество страниц на уровне листьев
empty_pages	bigint	Количество пустых страниц
deleted_pages	bigint	Количество удалённых страниц
avg_leaf_density	float8	Средняя плотность страниц на уровне листьев
leaf_fragmentation	float8	Фрагментация на уровне листьев

Выдаваемый размер индекса (`index_size`) обычно вычисляется по формуле `internal_pages + leaf_pages + empty_pages + deleted_pages` плюс одна страница, так как в нём учитывается и метастраница индекса.

Как и `pgstattuple`, эта функция собирает данные страница за страницей и не следует ожидать, что её результат представляет мгновенный снимок всего индекса.

`pgstatindex(text) returns record`

Эта функция равнозначна функции `pgstatindex(regclass)` за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

`pgstatginindex(regclass) returns record`

Функция `pgstatginindex` возвращает запись с информацией об индексе типа GIN. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstatginindex('test_gin_index');
-[ RECORD 1 ]--+-
version          | 1
pending_pages    | 0
pending_tuples   | 0
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии GIN
pending_pages	integer	Количество страниц в списке ожидающих обработки

Столбец	Тип	Описание
pending_tuples	bigint	Количество кортежей в списке ожидающих обработки

pgstathashindex(regclass) returns record

Функция pgstathashindex **возвращает** запись с информацией о хеш-индексе. Например:

```
test=> select * from pgstathashindex('con_hash_index');
-[ RECORD 1 ]-----
version          | 4
bucket_pages     | 33081
overflow_pages   | 0
bitmap_pages     | 1
unused_pages     | 32455
live_items       | 10204006
dead_items       | 0
free_percent     | 61.8005949100872
```

Столбцы результата:

Столбец	Тип	Описание
version	integer	Номер версии HASH
bucket_pages	bigint	Количество страниц групп
overflow_pages	bigint	Количество страниц переполнения
bitmap_pages	bigint	Количество страниц битовой карты
unused_pages	bigint	Количество неиспользованных страниц
live_items	bigint	Количество «живых» кортежей
dead_tuples	bigint	Количество «мёртвых» кортежей
free_percent	float	Процент свободного пространства

pg_relpages(regclass) returns bigint

Функция pg_relpages **возвращает** число страниц в отношении.

pg_relpages(text) returns bigint

Эта функция равнозначна функции pg_relpages(regclass) за исключением того, что для неё целевое отношение задаётся в текстовом виде. Данная функция оставлена для обратной совместимости, в будущем она может перейти в разряд устаревших.

pgstattuple_approx(regclass) returns record

Функция pgstattuple_approx **является** более быстрой альтернативой pgstattuple, возвращающей приблизительные результаты. В качестве аргумента ей передаётся имя или OID целевого отношения. Например:

```
test=> SELECT * FROM pgstattuple_approx('pg_catalog.pg_proc'::regclass);
-[ RECORD 1 ]-----
table_len        | 573440
scanned_percent  | 2
approx_tuple_count | 2740
approx_tuple_len  | 561210
```

```
approx_tuple_percent | 97.87
dead_tuple_count     | 0
dead_tuple_len       | 0
dead_tuple_percent   | 0
approx_free_space    | 11996
approx_free_percent   | 2.09
```

Выходные столбцы описаны в Таблице F.23.

Тогда как `pgstattuple` всегда производит полное сканирование таблицы и возвращает точное число живых и мёртвых кортежей (и их размер), а также точный объём свободного пространства, функция `pgstattuple_approx` пытается избежать полного сканирования и возвращает точную статистику только по мёртвым кортежам, а количество и объём живых кортежей, как и объём свободного пространства определяет приблизительно.

Она делает это, пропуская страницы, в которых, согласно карте видимости, есть только видимые кортежи (если для страницы установлен соответствующий бит, предполагается, что она не содержит мёртвых кортежей). Для таких страниц эта функция узнаёт объём свободного пространства из карты свободного пространства и предполагает, что остальное пространство на странице занято живыми кортежами.

На страницах, которые нельзя пропустить, она сканирует каждый кортеж, отражает его наличие и размер в соответствующих счётчиках и суммирует свободное пространство на странице. В конце она оценивает приблизительно общее число живых кортежей, исходя из числа просканированных страниц и кортежей (так же, как `VACUUM` рассчитывает значение `pg_class.relpages`).

Таблица F.23. Столбцы результата `pgstattuple_approx`

Столбец	Тип	Описание
<code>table_len</code>	<code>bigint</code>	Физическая длина отношения в байтах (точная)
<code>scanned_percent</code>	<code>float8</code>	Просканированный процент таблицы
<code>approx_tuple_count</code>	<code>bigint</code>	Количество «живых» кортежей (приблизительное)
<code>approx_tuple_len</code>	<code>bigint</code>	Общая длина «живых» кортежей в байтах (приблизительная)
<code>approx_tuple_percent</code>	<code>float8</code>	Процент «живых» кортежей
<code>dead_tuple_count</code>	<code>bigint</code>	Количество «мёртвых» кортежей (точное)
<code>dead_tuple_len</code>	<code>bigint</code>	Общая длина «мёртвых» кортежей в байтах (точная)
<code>dead_tuple_percent</code>	<code>float8</code>	Процент «мёртвых» кортежей
<code>approx_free_space</code>	<code>bigint</code>	Общий объём свободного пространства в байтах (приблизительный)
<code>approx_free_percent</code>	<code>float8</code>	Процент свободного пространства

В показанном выше выводе показатели свободного пространства могут не соответствовать выводу `pgstattuple` в точности, потому что карта свободного пространства показывает верное значение, но не гарантируется, что оно будет точным до байта.

F.30.2. Авторы

Тацуо Исии, Сатоши Нагаясу и Абхиджит Менон-Сен

F.31. pg_trgm

Модуль `pg_trgm` предоставляет функции и операторы для определения схожести алфавитно-цифровых строк на основе триграмм, а также классы операторов индексов, поддерживающие быстрый поиск схожих строк.

F.31.1. Понятия, связанные с триграммами (или триграфами)

Триграмма — это группа трёх последовательных символов, взятых из строки. Мы можем измерить схожесть двух строк, подсчитав число триграмм, которые есть в обеих. Эта простая идея оказывается очень эффективной для измерения схожести слов на многих естественных языках.

Примечание

`pg_trgm`, извлекая триграммы из строк, игнорирует символы, не относящиеся к словам (не алфавитно-цифровые). При выделении триграмм, содержащихся в строке, считается, что перед каждым словом находятся два пробела, а после — один пробел. Например, из строки «cat» выделяется набор триграмм: « c», « ca», «cat» и «at ». Из строки «foo|bar» выделяются триграммы: « f», « fo», «foo», «oo », « b», « ba», «bar» и «ar ».

F.31.2. Функции и операторы

Реализованные в модуле `pg_trgm` функции перечислены в Таблице F.24, а операторы — в Таблице F.25.

Таблица F.24. Функции `pg_trgm`

Функция	Возвращает	Описание
<code>similarity(text, text)</code>	<code>real</code>	Возвращает число, показывающее, насколько близки два аргумента. Диапазон результатов — от нуля (это значение указывает, что две строки полностью различны) до одного (это значение указывает, что две строки идентичны).
<code>show_trgm(text)</code>	<code>text[]</code>	Возвращает массив всех триграмм в заданной строке. (На практике это редко бывает полезно, кроме как для отладки.)
<code>word_similarity(text, text)</code>	<code>real</code>	Возвращает число, представляющее наибольшую степень схожести между набором триграмм в первой строке и любым непрерывным фрагментом упорядоченного набора триграмм во второй строке. Подробнее об этом рассказывается ниже.
<code>strict_word_similarity(text, text)</code>	<code>real</code>	Подобна <code>word_similarity(text, text)</code> , но подгоняет границы фрагментов к границам слов. Так как триграммы не пересекают слова, эта функция фактически выдаёт наибольшую степень схожести между первой строкой и любой

Функция	Возвращает	Описание
		непрерывной последовательностью слов во второй строке.
<code>show_limit()</code>	real	Возвращает текущий порог схожести, который использует оператор %. Это значение задаёт минимальную схожесть между двумя словами, при которой они считаются настолько близкими, что одно может быть, например, ошибочным написанием другого (<i>устаревшая</i>).
<code>set_limit(real)</code>	real	Задаёт текущий порог схожести, который использует оператор %. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.3). Возвращает то же значение, что было передано на вход (<i>устаревшая</i>).

Рассмотрим следующий пример:

```
# SELECT word_similarity('word', 'two words');
word_similarity
-----
0.8
(1 row)
```

Набор триграмм для первой строки: {" w", " wo", "wor", "ord", "rd "}. Во второй строке упорядоченный набор триграмм: {" t", " tw", "two", "wo ", " w", " wo", "wor", "ord", "rds", "ds "}. Наиболее близкий фрагмент упорядоченного множества триграмм во второй строке: {" w", "wo", "wor", "ord"}, а коэффициент схожести равен 0.8.

Эта функция возвращает значение, которое можно примерно воспринимать как максимальную оценку схожести первой строки с любой подстрокой второй строки. Данная функция не добавляет пробелы к границам фрагмента, поэтому совпадение с отдельным словом оценивается выше, чем совпадение с частью слова.

При этом `strict_word_similarity(text, text)` выбирает последовательность слов во второй строке. В показанном выше примере `strict_word_similarity(text, text)` выберет последовательность из одного слова 'words', которой соответствуют триграммы {" w", "wo", "wor", "ord", "rds", "ds "}.

```
# SELECT strict_word_similarity('word', 'two words'), similarity('word', 'words');
strict_word_similarity | similarity
-----+-----
0.571429 | 0.571429
(1 row)
```

Таким образом, функция `strict_word_similarity(text, text)` полезна для определения схожести целых слов, а `word_similarity(text, text)` больше подходит для определения схожести частей слов.

Таблица F.25. Операторы pg_trgm

Оператор	Возвращает	Описание
<code>text % text</code>	boolean	Возвращает true, если схожесть аргументов выше теку-

Оператор	Возвращает	Описание
		щего порога, заданного параметром <code>pg_trgm.similarity_threshold</code> .
<code>text <% text</code>	<code>boolean</code>	Возвращает <code>true</code> , если схожесть между набором триграмм в первом аргументе и непрерывным фрагментом упорядоченного набора триграмм во втором превышает уровень схожести, устанавливаемый параметром <code>pg_trgm.word_similarity_threshold</code> .
<code>text %> text</code>	<code>boolean</code>	Коммутирующий оператор для <code><%</code> .
<code>text <<% text</code>	<code>boolean</code>	Возвращает <code>true</code> , если во втором аргументе имеется непрерывный фрагмент упорядоченного набора триграмм, соответствующего границам слов, и его схожесть с набором триграмм первого аргумента превышает уровень схожести, устанавливаемый параметром <code>pg_trgm.strict_word_similarity_threshold</code> .
<code>text %>> text</code>	<code>boolean</code>	Коммутирующий оператор для <code><<%</code> .
<code>text <-> text</code>	<code>real</code>	Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение <code>similarity()</code> .
<code>text <<-> text</code>	<code>real</code>	Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение <code>word_similarity()</code> .
<code>text <->> text</code>	<code>real</code>	Коммутирующий оператор для <code><<-></code> .
<code>text <<<-> text</code>	<code>real</code>	Возвращает «расстояние» между аргументами, то есть один минус значение <code>strict_word_similarity()</code> .
<code>text <->>> text</code>	<code>real</code>	Коммутирующий оператор для <code><<<-></code> .

F.31.3. Параметры GUC

`pg_trgm.similarity_threshold (real)`

Задаёт текущий порог схожести, который использует оператор `%`. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.3).

`pg_trgm.word_similarity_threshold (real)`

Задаёт текущий порог схожести, который используют операторы `<%` и `%>`. Это значение должно быть в диапазоне от 0 до 1 (по умолчанию 0.6).

F.31.4. Поддержка индексов

Модуль `pg_trgm` предоставляет классы операторов индексов GiST и GIN, позволяющие создавать индекс по текстовым столбцам для очень быстрого поиска по критерию схожести. Эти типы индексов поддерживают вышеописанные операторы схожести и дополнительно поддерживают поиск на основе триграмм для запросов с `LIKE`, `ILIKE`, `~` и `~*`. (Эти индексы не поддерживают простые операторы сравнения и равенства, так что вам может понадобиться и обычный индекс-B-дерево.)

Пример:

```
CREATE TABLE test_trgm (t text);
CREATE INDEX trgm_idx ON test_trgm USING GIST (t gist_trgm_ops);
```

или

```
CREATE INDEX trgm_idx ON test_trgm USING GIN (t gin_trgm_ops);
```

На этот момент у вас будет индекс по столбцу `t`, используя который можно осуществлять поиск по схожести. Пример типичного запроса:

```
SELECT t, similarity(t, 'слово') AS sml
FROM test_trgm
WHERE t % 'слово'
ORDER BY sml DESC, t;
```

Он выдаст все значения в текстовом столбце, которые достаточно схожи со словом *word*, в порядке сортировки от наиболее к наименее схожим. Благодаря использованию индекса, эта операция будет быстрой даже с очень большими наборами данных.

Другой вариант предыдущего запроса:

```
SELECT t, t <-> 'слово' AS dist
FROM test_trgm
ORDER BY dist LIMIT 10;
```

Он может быть довольно эффективно выполнен с применением индексов GiST, а не GIN. Обычно он выигрывает первого варианта только когда требуется получить небольшое количество близких совпадений.

Также вы можете использовать индекс по столбцу `t` для оценки схожести слов условных и оценки схожести слов в строгом смысле. Примеры типичных запросов:

```
SELECT t, word_similarity('слово', t) AS sml
FROM test_trgm
WHERE 'слово' <% t
ORDER BY sml DESC, t;
```

и

```
SELECT t, strict_word_similarity('слово', t) AS sml
FROM test_trgm
WHERE 'слово' <<% t
ORDER BY sml DESC, t;
```

В результате будут возвращены все значения в текстовом столбце, для которых найдется непрерывный фрагмент в упорядоченном наборе триграмм, достаточно схожий с набором триграмм строки *слово*. Данные значения будут отсортированы по порядку от наиболее к наименее схожим. Этот индекс позволит ускорить поиск даже с очень большим объемом данных.

Другие возможные варианты предыдущих запросов:

```
SELECT t, 'слово' <<-> t AS dist
FROM test_trgm
ORDER BY dist LIMIT 10;
```

и


```
SELECT t, 'слово' <<<-> t AS dist
FROM test_trgm
ORDER BY dist LIMIT 10;
```

Они могут быть довольно эффективно выполнены с применением индексов GiST, а не GIN.

Начиная с PostgreSQL 9.1, эти типы индексов также поддерживают поиск с операторами LIKE и ILIKE, например:

```
SELECT * FROM test_trgm WHERE t LIKE '%foo%bar';
```

При таком поиске по индексу сначала из искомой строки извлекаются триграммы, а затем они ищутся в индексе. Чем больше триграмм оказывается в искомой строке, тем более эффективным будет поиск по индексу. В отличие от поиска по B-дереву, искомая строка не должна привязываться к левому краю.

Начиная с PostgreSQL 9.3, индексы этих типов также поддерживают поиск по регулярным выражениям (операторы ~ и ~*), например:

```
SELECT * FROM test_trgm WHERE t ~ '(foo|bar)';
```

При таком поиске из регулярного выражения извлекаются триграммы, а затем они ищутся в индексе. Чем больше триграмм удаётся извлечь из регулярного выражения, тем более эффективным будет поиск по индексу. В отличие от поиска по B-дереву, искомая строка не должна привязываться к левому краю.

Относительно поиска по регулярному выражению или с LIKE, имейте в виду, что при отсутствии триграмм в искомом шаблоне поиск сводится к полному сканированию индекса.

Выбор между индексами GiST и GIN зависит от относительных характеристик производительности GiST и GIN, которые здесь не рассматриваются.

F.31.5. Интеграция с текстовым поиском

Сопоставление триграмм — очень полезный приём в сочетании с применением полнотекстового индекса. В частности это может помочь найти слова, написанные неправильно, которые не будут находиться непосредственно механизмом полнотекстового поиска.

В первую очередь нужно построить дополнительную таблицу, содержащую все уникальные слова в документе:

```
CREATE TABLE words AS SELECT word FROM
    ts_stat('SELECT to_tsvector(''simple'', bodytext) FROM documents');
```

Здесь documents — это таблица с текстовым полем bodytext, по которому мы будем выполнять поиск. Конфигурация simple используется с функцией to_tsvector вместо конфигурации для определённого языка по той причине, что нам нужен список исходных (необработанных стеммером) слов.

Затем нужно создать индекс триграмм по столбцу со словами:

```
CREATE INDEX words_idx ON words USING GIN (word gin_trgm_ops);
```

Теперь мы можем использовать запрос SELECT, подобный показанному в предыдущем примере, и предлагать варианты исправлений слов, введённых пользователем с ошибками. Кроме того, может быть полезно дополнительно проверить, что выбранные слова также имеют длину, примерно равную длине ошибочных слов.

Примечание

Так как таблица words была сформирована как отдельная статическая таблица, её нужно периодически обновлять, чтобы она достаточно хорошо соответствовала набору документов. Постоянно поддерживать её в полностью актуальном состоянии обычно не требуется.

F.31.6. Ссылки

Сайт разработки GiST <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/>

Сайт разработки Tsearch2 <http://www.sai.msu.su/~megera/postgres/gist/tsearch/V2/>

F.31.7. Авторы

Олег Бартунов <oleg@sai.msu.su>, Москва, Московский Государственный Университет, Россия

Фёдор Сигаев <teodor@sigaev.ru>, Москва, ООО «Дельта-Софт», Россия

Александр Коротков <a.korotkov@postgrespro.ru>, Москва, Postgres Professional, Россия

Документация: Кристофер Кингс-Линн

Разработку этого модуля спонсировало ООО «Дельта-Софт», г. Москва, Россия.

F.32. pg_visibility

Модуль `pg_visibility` даёт возможность исследовать для определённой таблицы карту видимости (Visibility Map, VM) и информацию о видимости на уровне страниц. Он также предоставляет функции для проверки целостности карты видимости и принудительного её пересоздания.

Для хранения информации о видимости на уровне страниц применяются по три различных бита. Бит полной видимости в карте показывает, что каждый кортеж в соответствующей странице отношения является видимым для всех текущих и будущих транзакций. Бит полной заморозки в карте видимости показывает, что все кортежи в данной странице являются замороженными; то есть никакой операции очистки в будущем не придётся обрабатывать эту страницу, пока в ней не будет добавлен, изменён, удалён или заблокирован кортеж. Бит `PD_ALL_VISIBLE` в заголовке страницы имеет то же значение, что и бит полной видимости в карте видимости, но он хранится в самой странице данных, а не в отдельной структуре данных. В обычной ситуации эти два бита будут согласованы, но бит полной видимости в странице иногда может быть установлен, тогда как в карте видимости он оказывается сброшенным при восстановлении после сбоя. Считываемые значения могут также различаться, если они подвергаются изменению в промежутке между обращениями `pg_visibility` к карте видимости и к странице данных. Разумеется, эти биты также могут различаться при событиях, приводящих к разрушению данных.

Функции, выдающие информацию о битах `PD_ALL_VISIBLE`, более дорогостоящие, чем те, что обращаются только к карте видимости, так как они должны читать блоки отношения, а не только карту видимости (которая намного меньше). Дорогостоящими являются также и функции, проверяющие блоки данных отношения.

F.32.1. Функции

```
pg_visibility_map(relation regclass, blkno bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean) returns record
```

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для указанного блока заданного отношения.

```
pg_visibility(relation regclass, blkno bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean, pd_all_visible OUT boolean) returns record
```

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для указанного блока заданного отношения, а также бит `PD_ALL_VISIBLE` этого блока.

```
pg_visibility_map(relation regclass, blkno OUT bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean) returns setof record
```

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для каждого блока заданного отношения.

`pg_visibility(relation regclass, blkno OUT bigint, all_visible OUT boolean, all_frozen OUT boolean, pd_all_visible OUT boolean) returns setof record`

Возвращает биты полной видимости и полной заморозки в карте видимости для каждого блока заданного отношения, а также бит `PD_ALL_VISIBLE` каждого блока.

`pg_visibility_map_summary(relation regclass, all_visible OUT bigint, all_frozen OUT bigint) returns record`

Возвращает число полностью видимых страниц и полностью замороженных страниц в отношении, согласно карте видимости.

`pg_check_frozen(relation regclass, t_ctid OUT tid) returns setof tid`

Возвращает идентификаторы TID незамороженных кортежей в страницах, помеченных как полностью замороженные в карте видимости. Если эта функция возвращает непустой набор TID, карта видимости испорчена.

`pg_check_visible(relation regclass, t_ctid OUT tid) returns setof tid`

Возвращает идентификаторы TID не полностью видимых кортежей в страницах, помеченных как полностью видимые в карте видимости. Если эта функция возвращает непустой набор TID, карта видимости испорчена.

`pg_truncate_visibility_map(relation regclass) returns void`

Аннулирует карту видимости для заданного отношения. Эта функция полезна, если вы считаете, что карта видимости для указанного отношения испорчена, и хотите принудительно пересоздать её. Первая же команда `VACUUM`, выполняемая с данным отношением после этой функции, просканирует все страницы в отношении и пересоздаст карту видимости. (Пока это не произойдёт, для запросов карта видимости будет выглядеть как полностью нулевая.)

По умолчанию эти функции разрешено выполнять только суперпользователям и членам роли `pg_stat_scan_tables`, за исключением `pg_truncate_visibility_map(relation regclass)`, которую могут выполнять только суперпользователи.

F.32.2. Автор

Роберт Хаас <rhaas@postgresql.org>

F.33. postgres_fdw

Модуль `postgres_fdw` предоставляет обёртку сторонних данных `postgres_fdw`, используя которую можно обращаться к данным, находящимся на внешних серверах PostgreSQL.

Функциональность этого модуля во многом пересекается с функциональностью старого модуля `dblink`. Однако `postgres_fdw` предоставляет более прозрачный и стандартизированный синтаксис для обращения к удалённым таблицам и во многих случаях даёт лучшую производительность.

Чтобы подготовиться к обращению к удалённым данным через `postgres_fdw`:

1. Установите расширение `postgres_fdw` с помощью команды `CREATE EXTENSION`.
2. Создайте объект стороннего сервера, используя `CREATE SERVER`, который будет представлять удалённую базу данных, к которой вы хотите подключаться. Укажите свойства подключения, кроме `user` и `password`, в параметрах объекта сервера.
3. Создайте сопоставление пользователей, используя `CREATE USER MAPPING`, для каждого пользователя базы, которому нужен доступ к удалённому серверу. Укажите имя и пароль удалённого пользователя в параметрах `user` и `password` сопоставления.
4. Создайте стороннюю таблицу, используя `CREATE FOREIGN TABLE` или `IMPORT FOREIGN SCHEMA`, для каждой удалённой таблицы, к которой вы хотите обращаться. Столбцы сторонней таблицы должны соответствовать столбцам целевой удалённой таблицы. Однако вы можете использовать локально имена таблиц и/или столбцов, отличные от удалённых, если укажете корректные удалённые имена в параметрах объекта сторонней таблицы.

После этого для обращения к данным, хранящимся в нижележащей удалённой таблице, вам нужно только выполнять `SELECT`. Вы также можете изменять данные в удалённой таблице, выполняя `INSERT`, `UPDATE` или `DELETE`. (Разумеется, удалённый пользователь, указанный в сопоставлении, должен иметь необходимые права для этого.)

Заметьте, что в настоящее время в `postgres_fdw` не поддерживаются операторы `INSERT` с предложением `ON CONFLICT DO UPDATE`. Однако предложение `ON CONFLICT DO NOTHING` поддерживается, при отсутствии указания для выбора уникального индекса.

Обычно рекомендуется объявлять столбцы сторонней таблицы точно с теми же типами данных и правилами сортировки, если они применимы, как у целевых столбцов удалённой таблицы. Хотя `postgres_fdw` в настоящее время довольно лоялен к преобразованиям типов данных при необходимости, но когда типы или правила сортировки не совпадают, возможны неожиданные семантические аномалии, вследствие того, что удалённый сервер будет обрабатывать предложения `WHERE` не совсем так, как локальный сервер.

Заметьте, что сторонняя таблица может быть объявлена с меньшим количеством или с другим порядком столбцов, чем в нижележащей удалённой таблице. Сопоставление столбцов удалённой таблицы осуществляется по имени, а не по позиции.

F.33.1. Параметры обёртки для `postgres_fdw`

F.33.1.1. Параметры подключения

Для стороннего сервера, настраиваемого с использованием обёртки сторонних данных `postgres_fdw`, можно задать те же параметры, что принимает `libpq` в строках подключения, как описано в Подразделе 34.1.2, за исключением следующих недопустимых параметров:

- `user` и `password` (их следует задавать в сопоставлениях пользователей)
- `client_encoding` (автоматически принимается равной локальной кодировке сервера)
- `fallback_application_name` (всегда `postgres_fdw`)

Подключаться к сторонним серверам без аутентификации по паролю могут только суперпользователи, поэтому в сопоставлениях для обычных пользователей всегда нужно задавать пароль (`password`).

F.33.1.2. Параметры имени объекта

Эти параметры позволяют управлять тем, как на удалённый сервер PostgreSQL будут передаваться имена, фигурирующие в операторах SQL. Данные параметры нужны, когда сторонняя таблица создаётся с именами, отличными от имён удалённой таблицы.

`schema_name`

Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы, указывает имя схемы для обращения к этой таблице на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется схема сторонней таблицы.

`table_name`

Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы, указывает имя таблицы для обращения к этой таблице на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется имя сторонней таблицы.

`column_name`

Этот параметр, который может задаваться для столбца сторонней таблицы, указывает имя столбца для обращения к этому столбцу на удалённом сервере. Если данный параметр опускается, применяется исходное имя столбца.

F.33.1.3. Параметры оценки стоимости

Модуль `postgres_fdw` получает удалённые данные, выполняя запросы на удалённых серверах, поэтому в идеале ожидаемая стоимость сканирования сторонней таблицы должна равняться стоимо-

сти выполнения на удалённом сервере плюс издержки сетевого взаимодействия. Самый надёжный способ получить такие оценки — узнать стоимость у удалённого сервера и добавить некоторую надбавку — но для простых запросов может быть невыгодно передавать дополнительный запрос, только чтобы получить оценку стоимости. Поэтому `postgres_fdw` предоставляет следующие параметры, позволяющие управлять вычислением оценки стоимости:

`use_remote_estimate`

Этот параметр, который может задаваться для сторонней таблицы или для стороннего сервера, определяет, будет ли `postgres_fdw` выполнять удалённо команды `EXPLAIN` для получения оценок стоимости. Параметр, заданный для сторонней таблицы, переопределяет параметр сервера, но только для данной таблицы. Значение по умолчанию — `false` (выкл.).

`fdw_startup_cost`

Этот параметр, который может задаваться для стороннего сервера, устанавливает числовое значение, добавляемое к оценке стоимости запуска для любого сканирования сторонней таблицы на этом сервере. Он выражает дополнительные издержки на установление подключения, разбор и планирование запроса на удалённой стороне и т. д. Значение по умолчанию — `100`.

`fdw_tuple_cost`

Этот параметр, который может задаваться для стороннего сервера, устанавливает числовое значение, выражающее дополнительную цену чтения одного кортежа из сторонней таблицы на этом сервере. Это число можно увеличить или уменьшить, отражая меньшую или большую фактическую скорость сетевого взаимодействия с удалённым сервером. Значение по умолчанию — `0.01`.

Когда поведение `use_remote_estimate` включено, `postgres_fdw` получает количество строк и оценку стоимости с удалённого сервера, а затем добавляет к оценке стоимости `fdw_startup_cost` и `fdw_tuple_cost`. Когда поведение `use_remote_estimate` отключено, `postgres_fdw` рассчитывает число строк и оценку стоимости локально, а затем так же добавляет к этой оценке `fdw_startup_cost` и `fdw_tuple_cost`. Локальная оценка может быть точной только при условии наличия локальной копии статистики удалённых таблиц. Обновить эту статистику для сторонней таблицы можно с помощью команды `ANALYZE`; при этом удалённая таблица будет просканирована, и по её содержимому будут вычислена и сохранена статистика как для локальной таблицы. Локальное хранение статистики может быть полезно для сокращения издержек планирования для удалённой таблицы — но если удалённая таблица меняется часто, локальная статистика будет быстро устаревать.

F.33.1.4. Параметры удалённого выполнения

По умолчанию ограничения `WHERE`, содержащие встроенные операторы и функции, обрабатываются на удалённом сервере, а ограничения, содержащие вызовы не встроенных функций, проверяются локально после получения строк. Если же расширенные функции доступны на удалённом сервере и можно рассчитывать, что они дадут те же результаты, что и локально, производительность можно увеличить, передавая и такие предложения `WHERE` для удалённого выполнения. Этим поведением позволяет управлять следующий параметр:

`extensions`

В этом параметре задаётся список имён расширений PostgreSQL через запятую, которые установлены и имеют совместимые версии и на локальном, и на удалённом сервере. Относящиеся к перечисленным расширениям и при этом постоянные (`immutable`) функции и операторы могут передаваться на выполнение удалённому серверу. Этот параметр можно задать только для стороннего сервера, но не для таблицы.

При использовании параметра `extensions` *пользователь сам отвечает* за то, чтобы перечисленные расширения существовали и их поведение было одинаковым на локальном и удалённом сервере. В противном случае удалённые запросы могут выдавать ошибки или неожиданные результаты.

`fetch_size`

Этот параметр определяет, сколько строк должна получать `postgres_fdw` в одной операции выборки. Его можно задать для сторонней таблицы или стороннего сервера. Значение по умолчанию — 100 строк.

F.33.1.5. Параметры изменения данных

По умолчанию все сторонние таблицы, доступные через `postgres_fdw`, считаются допускающими изменения. Это можно переопределить с помощью следующего параметра:

`updatable`

Этот параметр определяет, будет ли `postgres_fdw` допускать изменения в сторонних таблицах посредством команд `INSERT`, `UPDATE` и `DELETE`. Его можно задать для сторонней таблицы или для стороннего сервера. Параметр, определённый на уровне таблицы, переопределяет параметр уровня сервера. Значение по умолчанию — `true` (изменения разрешены).

Конечно, если удалённая таблица на самом деле не допускает изменения, всё равно произойдёт ошибка. Использование этого параметра прежде всего позволяет выдать ошибку локально, не обращаясь к удалённому серверу. Заметьте, однако, что представление `information_schema` будет показывать, что определённая сторонняя таблица `postgres_fdw` является изменяемой (или нет), согласно значению данного параметра, не проверяя это на удалённом сервере.

F.33.1.6. Параметры импорта

Обёртка `postgres_fdw` позволяет импортировать определения сторонних таблиц с применением команды `IMPORT FOREIGN SCHEMA`. Эта команда создаёт на локальном сервере определения сторонних таблиц, соответствующие таблицам или представлениям, существующим на удалённом сервере. Если импортируемые удалённые таблицы содержат столбцы пользовательских типов данных, на локальном сервере должны быть совместимые типы с теми же именами.

Поведение процедуры импорта можно настроить следующими параметрами (задаваемыми в команде `IMPORT FOREIGN SCHEMA`):

`import_collate`

Этот параметр устанавливает, будут ли в определениях сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться характеристики столбцов `COLLATE`. По умолчанию они включаются. Вам может потребоваться отключить его, если на удалённом сервере набор имён правил сортировки отличается от локального, что скорее всего будет иметь место, если серверы работают в разных операционных системах.

`import_default`

Этот параметр устанавливает, будут ли в определениях сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться заданные для столбцов выражения `DEFAULT`. По умолчанию они не включаются. Если вы включите этот параметр, остерегайтесь выражений по умолчанию, которые могут вычисляться на локальном сервере не так, как на удалённом; например, частый источник проблем — `nextval()`. Если в импортируемом выражении используются функции или операторы, несуществующие локально, команда `IMPORT` в целом выдаст сбой.

`import_not_null`

Этот параметр устанавливает, будут ли в определениях сторонних таблиц, импортируемых с внешнего сервера, включаться ограничения столбцов `NOT NULL`. По умолчанию они включаются.

Заметьте, что никакие другие ограничения, кроме `NOT NULL`, из удалённых таблиц импортировать не будут. Хотя PostgreSQL поддерживает ограничения `CHECK` для сторонних таблиц, никаких средств для автоматического импорта их нет из-за риска различного вычисления выражения огра-

ничения на локальном и удалённом серверах. Любая такая несогласованность в поведении ограничений `CHECK` могла бы привести к сложно выявляемым ошибкам в оптимизации запросов. Поэтому, если вы хотите импортировать ограничения `CHECK`, вы должны сделать это вручную и должны внимательно проверить семантику каждого. Более подробно интерпретация ограничений `CHECK` для сторонних таблиц описана в `CREATE FOREIGN TABLE`.

Таблицы или сторонние таблицы, являющиеся секциями некоторой другой таблицы, исключаются автоматически. Секционированные таблицы импортируются, только если они не являются секциями каких-либо других таблиц. Так как все данные могут быть доступны через секционированную таблицу, являющуюся вершиной в иерархии секционирования, при таком подходе должен быть возможен доступ ко всем данным без создания дополнительных объектов.

F.33.2. Управление соединением

Модуль `postgres_fdw` устанавливает соединение со сторонним сервером при первом запросе, в котором участвует сторонняя таблица, связанная со сторонним сервером. Это соединение сохраняется и повторно используется для последующих запросов в том же сеансе. Однако, если для обращения к стороннему серверу задействуются разные пользователи (сопоставления пользователей), отдельное соединение устанавливается для каждого сопоставления пользователей.

F.33.3. Управление транзакциями

В процессе выполнения запроса, в котором участвуют какие-либо удалённые таблицы на стороннем сервере, `postgres_fdw` открывает транзакцию на удалённом сервере, если такая транзакция ещё не была открыта для текущей локальной транзакции. Эта удалённая транзакция фиксируется или прерывается, когда фиксируется или прерывается локальная транзакция. Подобным образом реализуется и управление точками сохранения.

Для удалённой транзакции выбирается режим изоляции `SERIALIZABLE`, когда локальная транзакция открыта в режиме `SERIALIZABLE`; в противном случае применяется режим `REPEATABLE READ`. Этот выбор гарантирует, что если запрос сканирует несколько таблиц на удалённом сервере, он будет получать согласованные данные одного снимка для всех сканирований. Как следствие, последовательные запросы в одной транзакции будут видеть одни данные удалённого сервера, даже если на нём параллельно происходят изменения, вызванные другими действиями. Это поведение ожидаемо для локальной транзакции в режимах `SERIALIZABLE` и `REPEATABLE READ`, но для локальной транзакции в режиме `READ COMMITTED` оно может быть неожиданным. В будущих выпусках PostgreSQL эти правила могут быть изменены.

F.33.4. Оптимизация удалённых запросов

Обёртка `postgres_fdw` пытается оптимизировать удалённые запросы, уменьшая объём обмена данными со сторонними серверами. Для этого она может передавать на выполнение удалённому серверу предложения `WHERE` и не получать столбцы таблицы, не требующиеся для текущего запроса. Чтобы уменьшить риск некорректного выполнения запросов, предложения `WHERE` передаются удалённому серверу, только если в них используются типы данных, операторы и функции, встроенные в ядро или относящиеся к расширениям, перечисленным в параметре `extensions`. Операторы и функции в таких предложениях также должны быть постоянными (`IMMUTABLE`). Для запросов `UPDATE` или `DELETE` обёртка `postgres_fdw` пытается оптимизировать выполнение, передавая весь запрос на удалённый сервер, если в запросе нет предложения `WHERE`, которое нельзя было бы передать, не выполняясь локальное соединение, в целевой таблице отсутствуют локальные триггеры `BEFORE/AFTER` уровня строки и в родительских представлениях нет ограничения `CHECK OPTION`. Кроме того, в запросах `UPDATE` выражения, присваиваемые целевым столбцам, должны задействовать только встроенные типы данных и постоянные (`IMMUTABLE`) операторы и функции, чтобы уменьшить риск неверного выполнения запроса.

Когда обёртка `postgres_fdw` обнаруживает соединение сторонних таблиц на одном стороннем сервере, она передаёт всё соединение этому серверу, если только по какой-то причине не решит, что будет эффективнее выбирать строки из каждой таблицы по отдельности, или сопоставляемые при

обращении к таблицам пользователи оказываются разными. При передаче предложений `JOIN` принимаются те же меры предосторожности, что были описаны выше для предложений `WHERE`.

Запрос, фактически отправляемый удалённому серверу для выполнения, можно изучить с помощью команды `EXPLAIN VERBOSE`.

F.33.5. Окружение удалённого выполнения запросов

В удалённых сеансах, установленных обёрткой `postgres_fdw`, в параметре `search_path` задаётся только `pg_catalog`, так что без указания схемы видны только встроенные объекты. Это не проблема для запросов, которые генерирует сама `postgres_fdw`, так как она всегда добавляет такие указания. Однако это может быть опасно для функций, которые выполняются на удалённом сервере при срабатывании триггеров или правил для удалённых таблиц. Например, если удалённая таблица на самом деле представляет собой представление, любые функции, используемые в этом представлении, будут выполняться с таким ограниченным путём поиска. Поэтому рекомендуется в таких функциях дополнять схемой все имена либо добавлять параметры `SET search_path` (см. `CREATE FUNCTION`) в определения таких функций, чтобы установить ожидаемый ими путь поиска в окружении.

Обёртка `postgres_fdw` подобным образом устанавливает для удалённого сеанса различные параметры:

- `TimeZone` — `UTC`
- `DateStyle` — `ISO`
- `IntervalStyle` — `postgres`
- `extra_float_digits` принимает значение 3 для удалённых серверов версии 9.0 и новее либо 2 для более старых версий

С ними проблемы менее вероятны, чем с `search_path`, но если они возникнут, их можно урегулировать, установив нужные значения с помощью `SET`.

Это поведение *не* рекомендуется переопределять, устанавливая значения этих параметров на уровне сеанса; это скорее всего приведёт к поломке `postgres_fdw`.

F.33.6. Совместимость с разными версиями

Модуль `postgres_fdw` может применяться с удалёнными серверами версий, начиная с PostgreSQL 8.3. Способность только чтения данных доступна, начиная с 8.1. Однако, при этом есть ограничение, вызванное тем, что `postgres_fdw` полагает, что постоянные встроенные функции и операторы могут безопасно передаваться на удалённый сервер для выполнения, если они фигурируют в предложении `WHERE` для сторонней таблицы. Таким образом, встроенная функция, добавленная в более новой версии, чем на удалённом сервере, может быть отправлена на выполнение, что в результате приведёт к ошибке «функция не существует» или подобной. Отказы такого типа можно предотвратить, переписав запрос, например, поместив ссылку на стороннюю таблицу во вложенный `SELECT` с `OFFSET 0` в качестве защиты от оптимизации, и применив проблематичную функцию или оператор снаружи этого вложенного `SELECT`.

F.33.7. Примеры

Ниже приведёт пример создания сторонней таблицы с применением `postgres_fdw`. Сначала установите расширение:

```
CREATE EXTENSION postgres_fdw;
```

Затем создайте сторонний сервер с помощью команды `CREATE SERVER`. В данном примере мы хотим подключиться к серверу PostgreSQL, работающему по адресу `192.83.123.89`, порт `5432`. База данных, к которой устанавливается подключение, на удалённом сервере называется `foreign_db`:

```
CREATE SERVER foreign_server
    FOREIGN DATA WRAPPER postgres_fdw
```



```
OPTIONS (host '192.83.123.89', port '5432', dbname 'foreign_db');
```

Для определения роли, которая будет задействована на удалённом сервере, с помощью `CREATE USER MAPPING` задаётся сопоставление пользователей:

```
CREATE USER MAPPING FOR local_user
    SERVER foreign_server
    OPTIONS (user 'foreign_user', password 'password');
```

Теперь можно создать стороннюю таблицу, применив команду `CREATE FOREIGN TABLE`. В этом примере мы хотим обратиться к таблице `some_schema.some_table` на удалённом сервере. Локальным именем этой таблицы будет `foreign_table`:

```
CREATE FOREIGN TABLE foreign_table (
    id integer NOT NULL,
    data text
)
    SERVER foreign_server
    OPTIONS (schema_name 'some_schema', table_name 'some_table');
```

Важно, чтобы типы данных и другие свойства столбцов, объявленных в `CREATE FOREIGN TABLE`, соответствовали фактической удалённой таблице. Также должны соответствовать имена столбцов, если только вы не добавите параметры `column_name` для отдельных столбцов, задающие их реальные имена в удалённой таблице. Во многих случаях использовать `IMPORT FOREIGN SCHEMA` предпочтительнее, чем конструировать определения сторонних таблиц вручную.

F.33.8. Автор

Шигеру Ханада <shigeru.hanada@gmail.com>

F.34. seg

Этот модуль реализует тип данных `seg` для представления отрезков или интервалов чисел с плавающей точкой. Тип `seg` может выражать отсутствие уверенности в границах интервала, что позволяет применять его для представления лабораторных измерений.

F.34.1. Обоснование

Геометрия измерений обычно более сложна, чем точка в числовом континууме. Измерение обычно представляет собой отрезок этого континуума с нечёткими границами. Измеряемые показатели выражаются интервалами вследствие неопределённости и случайности, а также того, что измеряемое значение может отражать некоторое условие, например, диапазон температур стабильности протеина.

Руководствуясь только здравым смыслом, кажется более удобным хранить такие данные в виде интервалов, а не в виде двух отдельных чисел. На практике это оказывается даже эффективнее в большинстве приложений.

Более того, вследствие нечёткости границ использование традиционных числовых типов данных приводит к определённой потере информации. Рассмотрим такой пример: ваш инструмент выдаёт 6.50 и вы вводите это значение в базу данных. Что вы получите, прочитав это значение из базы? Смотрите:

```
test=> select 6.50 :: float8 as "pH";
pH
---
6.5
(1 row)
```

В мире измерений, 6.50 — не то же самое, что 6.5. И разница между этими измерениями иногда бывает критической. Экспериментаторы обычно записывают (и публикуют) цифры, которые за-

служивают доверия. Запись 6.50 на самом деле представляет неточный интервал, содержащийся внутри большего и ещё более неточного интервала, 6.5, и единственное, что у них может быть общего, это их центральные точки. Поэтому мы определённо не хотим, чтобы такие разные элементы данных выглядели одинаково.

Вывод? Удобно иметь специальный тип данных, в котором можно сохранить границы интервала с произвольной переменной точностью. В данном случае точность переменная в том смысле, что для каждого элемента данных она может записываться индивидуально.

Проверьте это:

```
test=> select '6.25 .. 6.50'::seg as "pH";
           pH
-----
6.25 .. 6.50
(1 row)
```

F.34.2. Синтаксис

Внешнее представление интервала образуется одним или двумя числами с плавающей точкой, соединёнными оператором диапазона (.. или ...). Кроме того, интервал можно задать центральной точкой плюс/минус отклонение. Также этот тип позволяет сохранить дополнительные индикаторы достоверности (<, > или ~). (Однако индикаторы достоверности игнорируются всеми встроенными операторами.) Допустимые представления показаны в Таблице F.26; некоторые примеры приведены в Таблице F.27.

В Таблице F.26 символы *x*, *y* и *delta* обозначают числа с плавающей точкой. Перед значениями *x* и *y*, но не *delta*, может быть добавлен индикатор достоверности.

Таблица F.26. Внешнее представление seg

<i>x</i>	Одно значение (интервал нулевой длины)
<i>x</i> .. <i>y</i>	Интервал от <i>x</i> до <i>y</i>
<i>x</i> (+-) <i>delta</i>	Интервал от <i>x</i> - <i>delta</i> до <i>x</i> + <i>delta</i>
<i>x</i> ..	Открытый интервал с нижней границей <i>x</i>
.. <i>x</i>	Открытый интервал с верхней границей <i>x</i>

Таблица F.27. Примеры допустимых вводимых значений seg

5.0	Создаёт сегмент нулевой длины (или точку, если хотите)
~5.0	Создаёт сегмент нулевой длины и записывает ~ в данные. Знак ~ игнорируется при операциях с seg, но сохраняется как комментарий.
<5.0	Создаёт точку с координатой 5.0. Знак < игнорируется, но сохраняется как комментарий.
>5.0	Создаёт точку с координатой 5.0. Знак > игнорируется, но сохраняется как комментарий.
5 (+-) 0.3	Создаёт интервал 4.7 .. 5.3. Заметьте, что запись (+-) не сохраняется.
50 ..	Всё, что больше или равно 50
.. 0	Всё, что меньше или равно 0
1.5e-2 .. 2E-2	Создаёт интервал 0.015 .. 0.02
1 ... 2	То же, что и 1 .. 2, либо 1 .. 2, либо 1 .. 2 (пробелы вокруг оператора диапазона игнорируются)

Так как ... часто используется в источниках данных, он принимается в качестве альтернативного написания ... К сожалению, это порождает неоднозначность при разборе: неясно, какая верхняя граница имеется в виду в записи $0...23$ — 23 или 0.23 . Для разрешения этой неоднозначности во входных числах *seg* перед десятичной точкой всегда должна быть минимум одна цифра.

В качестве меры предосторожности, *seg* не принимает интервалы с нижней границей, превышающей верхнюю, например: $5 \dots 2$.

F.34.3. Точность

Значения *seg* хранятся внутри как пары 32-битных чисел с плавающей точкой. Это значит, что числа с более чем 7 значащими цифрами будут усекаться.

Числа, содержащие 7 и меньше значащих цифр, сохраняют изначальную точность. То есть, если запрос возвращает 0.00, вы можете быть уверены, что конечные нули не являются артефактами форматирования: они отражают точность исходных данных. Количество ведущих нулей не влияет на точность: значение 0.0067 будет считаться имеющим только две значащих цифры.

F.34.4. Использование

Модуль *seg* включает класс операторов индекса GiST для значений *seg*. Операторы, поддерживаемые этим классом операторов, перечислены в Таблице F.28.

Таблица F.28. Операторы *seg* для GiST

Оператор	Описание
$[a, b] \ll [c, d]$	$[a, b]$ полностью находится левее $[c, d]$. То есть, $[a, b] \ll [c, d] \text{ — true}$, если $b < c$, и false в противном случае.
$[a, b] \gg [c, d]$	$[a, b]$ полностью находится правее $[c, d]$. То есть, $[a, b] \gg [c, d] \text{ — true}$, если $a > d$, и false в противном случае.
$[a, b] \< [c, d]$	Пересекает или левее — Ещё лучше это читается как «не простирается правее». Результатом будет true , когда $b \leq c$.
$[a, b] \> [c, d]$	Пересекает или правее — Ещё лучше это читается как «не простирается левее». Результатом будет true , когда $a \geq d$.
$[a, b] = [c, d]$	Равенство — сегменты $[a, b]$ и $[c, d]$ равны, то есть, $a = c$ и $b = d$.
$[a, b] \&\& [c, d]$	Сегменты $[a, b]$ и $[c, d]$ пересекаются.
$[a, b] @> [c, d]$	Сегмент $[a, b]$ содержит сегмент $[c, d]$, то есть, $a \leq c$ и $b \geq d$.
$[a, b] <@ [c, d]$	Сегмент $[a, b]$ содержится в $[c, d]$, то есть, $a \geq c$ и $b \leq d$.

(До версии PostgreSQL 8.2 операторы включения $@>$ и $<@$ обозначались соответственно как $@$ и $\sim$. Эти имена по-прежнему действуют, но считаются устаревшими и в конце концов будут упразднены. Заметьте, что старые имена произошли из соглашения, которому раньше следовали ключевые геометрические типы данных!)

Также поддерживаются стандартные операторы для B-дерева, например:

Оператор	Описание
$[a, b] < [c, d]$	Меньше

Оператор	Описание
<code>[a, b] > [c, d]</code>	Больше

Эти операторы не имеют большого смысла ни для какой практической цели, кроме сортировки. Эти операторы сначала сравнивают (a) с (c), и если они равны, сравнивают (b) с (d). Результат сравнения позволяет упорядочить значения образом, подходящим для большинства случаев, что полезно, если вы хотите применять ORDER BY с этим типом.

F.34.5. Замечания

Примеры использования можно увидеть в регрессионном тесте `sql/seg.sql`.

Механизм, преобразующий (+-) в обычные диапазоны, не вполне точно определяет число значащих цифр для границ. Например, он добавляет дополнительную цифру к нижней границе, если результирующий интервал включает степень десяти:

```
postgres=> select '10(+-)1'::seg as seg;
      seg
-----
9.0 .. 11          -- должно быть: 9 .. 11
```

Производительность индекса-R-дерева может значительно зависеть от начального порядка вводимых значений. Может быть очень полезно отсортировать входную таблицу по столбцу `seg`; пример можно найти в скрипте `sort-segments.pl`.

F.34.6. Благодарности

Первый автор: Джин Селков мл. <selkovjr@mcs.anl.gov>, Аргоннская национальная лаборатория, Отдел математики и компьютерных наук

Я очень благодарен в первую очередь профессору Джо Геллерштейну (<http://dbcsberkeleyedu/jmh/>) за пояснение сути GiST (<http://gistsberkeleyedu/>). Я также признателен всем разработчикам Postgres в настоящем и прошлом за возможность создать свой собственный мир и спокойно жить в нём. Ещё я хотел бы выразить признательность Аргоннской лаборатории и Министерству энергетики США за годы постоянной поддержки моих исследований в области баз данных.

F.35. sepgsql

Загружаемый модуль `sepgsql` поддерживает мандатное управление доступом (MAC, Mandatory Access Control) с метками, построенное на базе политик безопасности SELinux.

Предупреждение

Текущая реализация имеет существенные ограничения и контролирует не все действия. См. Подраздел F.35.7.

F.35.1. Обзор

Этот модуль интегрируется в SELinux и обеспечивает дополнительный уровень проверок безопасности, расширяющий и дополняющий обычные средства PostgreSQL. С точки зрения SELinux, данный модуль позволяет PostgreSQL выполнять роль менеджера объектов в пространстве пользователя. При выполнении запроса DML обращение к каждой таблице или функции в нём будет контролироваться согласно системной политике безопасности. Эта проверка дополняет штатную проверку разрешений SQL, которую производит PostgreSQL.

Механизм SELinux принимает решения о разрешении доступа на основе меток безопасности, представляемых строками вида `system_u:object_r:sepgsql_table_t:s0`. В каждом решении учитываются две метки: метка субъекта, пытающегося выполнить действие, и метка объекта, над которым

должно совершаться это действие. Так как эти метки могут применяться к объекту любого вида, решения о разрешении доступа к объектам внутри базы данных могут подчиняться (и с этим модулем фактически подчиняются) общим критериям, применяемым к объектам любого другого типа, например, к файлам. Эта схема позволяет организовать централизованную политику безопасности для защиты информационных активов, не зависящую от того, как именно хранятся эти активы.

Назначить метку безопасности объекту баз данных позволяет команда SECURITY LABEL.

F.35.2. Установка

Модуль `sepgsql` может работать только в Linux 2.6.28 и новее с включённым SELinux. На остальных платформах он не поддерживается. Вам также понадобится `libselinux 2.1.10` или новее и `selinux-policy 3.9.13` или новее (хотя в некоторых дистрибутивах необходимые правила могут быть адаптированы к политике старой версии).

Команда `sestatus` позволяет проверить состояние SELinux. Типичный её вывод выглядит так:

```
$ sestatus
SELinux status:                enabled
SELinuxfs mount:              /selinux
Current mode:                  enforcing
Mode from config file:         enforcing
Policy version:                24
Policy from config file:       targeted
```

Если SELinux отключён или не установлен, его необходимо привести в рабочее состояние, прежде чем устанавливать этот модуль.

Чтобы собрать этот модуль, добавьте параметр `--with-selinux` в команду PostgreSQL `configure`. Убедитесь в том, что в момент сборки установлен RPM-пакет `libselinux-devel`.

Чтобы использовать этот модуль, вы должны включить `sepgsql` в `shared_preload_libraries` в `postgresql.conf`. Этот модуль не будет корректно работать, если загрузить его каким-либо другим способом. Загрузив его, нужно выполнить `sepgsql.sql` в каждой базе данных. Этот скрипт установит функции, необходимые для управления метками безопасности, и назначит начальные метки безопасности.

Следующий пример показывает, как инициализировать новый кластер баз данных и установить в него функции и метки безопасности `sepgsql`. Измените пути в соответствии с размещением вашей инсталляции:

```
$ export PGDATA=/path/to/data/directory
$ initdb
$ vi $PGDATA/postgresql.conf
    изменить
    #shared_preload_libraries = ''                # (после изменения требуется
перезапуск)
    на
    shared_preload_libraries = 'sepgsql'          # (после изменения требуется
перезапуск)
$ for DBNAME in template0 template1 postgres; do
    postgres --single -F -c exit_on_error=true $DBNAME \
        </usr/local/pgsql/share/contrib/sepgsql.sql >/dev/null
done
```

Заметьте, что вы можете увидеть следующие уведомления, в зависимости от конкретных установленных версий `libselinux` и `selinux-policy`:

```
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 33 has invalid object type
db_blobs
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 36 has invalid object type
db_language
```

```
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 37 has invalid object type
db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 38 has invalid object type
db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 39 has invalid object type
db_language
/etc/selinux/targeted/contexts/sepgsql_contexts: line 40 has invalid object type
db_language
```

Эти сообщения не критичны и их можно игнорировать.

Если процесс установки завершается без ошибок, вы можете запустить сервер обычным образом.

F.35.3. Регрессионные тесты

Природа SELinux такова, что для проведения регрессионных тестов `sepgsql` требуются дополнительные действия по настройке и некоторые из них должен выполнять `root`. Регрессионные тесты не будут запускаться обычной командой `make check` или `make installcheck`; вы должны настроить конфигурацию и затем вызвать тестовый скрипт вручную. Тесты должны запускаться в каталоге `contrib/sepgsql` настроенного дерева сборки PostgreSQL. Хотя им требуется дерево сборки, эти тесты рассчитаны на использование установленного сервера, то есть они примерно соответствуют `make installcheck`, но не `make check`.

Сначала установите `sepgsql` в рабочую базу данных по инструкциям, приведённым в Подразделе F.35.2. Заметьте, что для этого текущий пользователь операционной системы должен подключаться к базе данных как суперпользователь без аутентификации по паролю.

На втором шаге соберите и установите пакет политики для регрессионного теста. Политика `sepgsql-regtest` представляет собой политику особого назначения, предоставляющую набор правил, включаемых во время регрессионных тестов. Её следует скомпилировать из исходного файла `sepgsql-regtest.te`, что можно сделать командой `make` со скриптом `Makefile`, поставляемым с SELinux. Вам нужно будет найти нужный `Makefile` в своей системе; путь, показанный ниже, приведён только в качестве примера. Скомпилировав пакет политики, его нужно установить с помощью команды `semodule`, которая загружает переданные ей пакеты в ядро. Если пакет установлен корректно, команда `semodule -l` должна вывести `sepgsql-regtest` в списке доступных пакетов политик:

```
$ cd .../contrib/sepgsql
$ make -f /usr/share/selinux/devel/Makefile
$ sudo semodule -u sepgsql-regtest.pp
$ sudo semodule -l | grep sepgsql
sepgsql-regtest 1.07
```

На третьем шаге включите параметр `sepgsql_regression_test_mode`. По соображениям безопасности, правила в `sepgsql-regtest` по умолчанию неактивны; параметр `sepgsql_regression_test_mode` активирует правила, необходимые для проведения регрессионных тестов. Включить этот параметр можно командой `setsebool`:

```
$ sudo setsebool sepgsql_regression_test_mode on
$ getsebool sepgsql_regression_test_mode
sepgsql_regression_test_mode --> on
```

На четвёртом шаге убедитесь в том, что ваша оболочка работает в домене `unconfined_t`:

```
$ id -Z
unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-s0:c0.c1023
```

Если необходимо сменить рабочий домен, в подробностях это описывается в Подразделе F.35.8.

Наконец, запустите скрипт регрессионного теста:

```
$ ./test_sepgsql
```

Этот скрипт попытается проверить, все ли шаги по настройке конфигурации выполнены корректно, а затем запустит регрессионные тесты для модуля `sepgsql`.

Завершив тесты, рекомендуется отключить параметр `sepgsql_regression_test_mode`:

```
$ sudo setsebool sepgsql_regression_test_mode off
```

Другой, возможно, более предпочтительный вариант — удалить политику `sepgsql-regtest` полностью:

```
$ sudo semodule -r sepgsql-regtest
```

F.35.4. Параметры GUC

`sepgsql.permissive` (boolean)

Этот параметр переводит `sepgsql` в разрешительный режим, вне зависимости от режима системы. По умолчанию он имеет значение `off` (отключён). Задать этот параметр можно только в `postgresql.conf` или в командной строке при запуске сервера.

Когда этот параметр включён, `sepgsql` действует в разрешительном режиме, даже если SELinux в целом находится в ограничительном режиме. Этот параметр полезен в первую очередь для тестирования.

`sepgsql.debug_audit` (boolean)

Этот параметр включает вывод сообщений аудита вне зависимости от параметров системной политики. По умолчанию он отключён (имеет значение `off`), что означает, что сообщения будут выводиться согласно параметрам системы.

Политики безопасности SELinux также содержат правила, определяющие, будут ли фиксироваться в журнале определённые события. По умолчанию фиксируются нарушения доступа, а успешный доступ — нет.

Этот параметр принудительно включает фиксирование в журнале всех возможных событий, вне зависимости от системной политики.

F.35.5. Функциональные возможности

F.35.5.1. Управляемые классы объектов

Модель безопасности SELinux описывает все правила доступа в виде отношений между сущностью субъекта (обычно, это клиент базы данных) и сущностью объекта (например, объектом базы данных), каждая из которых определяется меткой безопасности. Если осуществляется попытка доступа к непометченному объекту, он обрабатывается как объект, имеющий метку `unlabeled_t`.

В настоящее время `sepgsql` позволяет назначать метки безопасности схемам, таблицам, столбцам, последовательностям, представлениям и функциям. Когда `sepgsql` активен, метки безопасности автоматически назначаются поддерживаемым объектам базы в момент создания. Такая метка называется меткой безопасности по умолчанию и устанавливается согласно политике безопасности системы, которая учитывает метку создателя, метку, назначенную родительскому объекту создаваемого объекта и, возможно, имя создаваемого объекта.

Новый объект базы, как правило, наследует метку безопасности, назначенную родительскому объекту, если только в политике безопасности не заданы специальные правила, называемые правилами перехода типов (в этом случае может быть назначена другая метка). Для схем родительским объектом является текущая база данных; для таблиц, последовательностей, представлений и функций — схема, содержащая эти объекты; для столбцов — таблица.

F.35.5.2. Разрешения для DML

Для таблиц, задействованных в запросе в качестве целевых, проверяются разрешения `db_table:select`, `db_table:insert`, `db_table:update` или `db_table:delete` в зависимости от ти-

па оператора; кроме того, для всех таблиц, содержащих столбцы, фигурирующие в предложении WHERE или RETURNING, или служащих источником данных для UPDATE и т. п., также проверяется разрешение `db_table:select`.

Для всех задействованных столбцов также проверяются разрешения на уровне столбцов. Разрешение `db_column:select` проверяется не только для столбцов, которые считываются оператором SELECT, но и для тех, к которым обращаются другие операторы DML; `db_column:update` или `db_column:insert` также проверяется для столбцов, изменяемых операторами UPDATE или INSERT.

Например, рассмотрим запрос:

```
UPDATE t1 SET x = 2, y = func1(y) WHERE z = 100;
```

В данном случае `db_column:update` будет проверяться для столбца `t1.x`, так как он изменяется, `db_column:{select update}` будет проверяться для `t1.y`, так как он и считывается, и изменяется, а `db_column:select` — для столбца `t1.z`, так как он только считывается. На уровне таблицы также будет проверяться разрешение `db_table:{select update}`.

Для последовательностей проверяется разрешение `db_sequence:get_value`, когда имеет место обращение к объекту последовательности в SELECT; заметьте, однако, что в настоящее время разрешения на выполнение связанных функций, таких как `lastval()`, не проверяются.

Для представлений проверяется `db_view:expand`, а затем все другие соответствующие разрешения для объектов, развёрнутых из определения представления, в индивидуальном порядке.

Для функций проверяется `db_procedure:{execute}`, когда пользователь пытается выполнить функцию в составе запроса, либо при вызове по быстрому пути. Если эта функция является доверенной процедурой, также проверяется разрешение `db_procedure:{entrypoint}`, чтобы удостовериться, что эта функция может быть точкой входа в доверенную процедуру.

При обращении к любому объекту схемы необходимо иметь разрешение `db_schema:search` для содержащей его схемы. Когда имя целевого объекта не дополняется схемой, схемы, для которых данное разрешение отсутствует, не будут просматриваться (то же происходит, если у пользователя нет права USAGE для этой схемы). Когда схема указывается явно, пользователь получит ошибку, если он не имеет требуемого разрешения для доступа к указанной схеме.

Клиенту должен быть разрешён доступ ко всем задействованным в запросе таблицам и столбцам, даже если они проявились в нём в результате разворачивания представлений, так что правила применяются согласованно вне зависимости от варианта обращения к содержимому таблиц.

Стандартная система привилегий позволяет суперпользователям баз данных изменять системные каталоги с помощью команд DML и обращаться к таблицам TOAST или модифицировать их. Когда модуль `sepgsql` активен, эти операции запрещаются.

F.35.5.3. Разрешения для DDL

SELinux определяет набор разрешений для управления стандартными операциями для каждого типа объекта: создание, изменение определения, удаление и смена метки безопасности. В дополнение к ним для некоторых типов объектов предусмотрены специальные разрешения для управления их специфическими операциями, как например, добавление или удаление объектов в определённой схеме.

Для создания нового объекта базы данных требуется разрешение `create`. SELinux разрешает или запрещает выполнение этой операции в зависимости от метки безопасности клиента и предполагаемой метки безопасности нового объекта. В некоторых случаях требуются дополнительные разрешения:

- CREATE DATABASE дополнительно требует разрешения `getattr` в исходной или шаблонной базе данных.
- Создание объекта схемы дополнительно требует разрешения `add_name` в родительской схеме.

- Создание таблицы дополнительно требует разрешения на создание каждой отдельного столбца таблицы, как если бы каждый столбец таблицы был отдельным объектом верхнего уровня.
- Создание функции с атрибутом LEAKPROOF дополнительно требует разрешения install. (Это разрешение также проверяется, когда атрибут LEAKPROOF устанавливается для существующей функции.)

Когда выполняется команда DROP, для удаляемого объекта будет проверяться разрешение drop. Разрешения будут также проверяться и для объектов, удаляемых косвенно, вследствие указания CASCADE. Для удаления объектов, содержащихся в определённой схеме, (таблиц, представления, последовательностей и процедур) дополнительно нужно иметь разрешение remove_name в этой схеме.

Когда выполняется команда ALTER, для каждого модифицируемого объекта проверяется разрешение setattr, кроме подчинённых объектов, таких как индексы или триггеры таблиц (на них распространяются разрешения родительского объекта). В некоторых случаях требуются дополнительные разрешения:

- При перемещении объекта в новую схему дополнительно требуется разрешение remove_name в старой схеме и add_name в новой.
- Для установки атрибута LEAKPROOF для функции требуется разрешение install.
- Для использования SECURITY LABEL дополнительно требуется разрешение relabelfrom для объекта с его старой меткой безопасности и relabelto для этого объекта с новой меткой безопасности. (В случаях, когда установлено несколько поставщиков меток и пользователь пытается задать метку, неподконтрольную SELinux, должно проверяться только разрешение setattr. В настоящее время этого не происходит из-за ограничений реализации.)

F.35.5.4. Доверенные процедуры

Доверенные процедуры похожи на функции, определяющие контекст безопасности, или команды setuid. В SELinux реализована возможность запускать доверенный код с меткой безопасности, отличной от метки клиента, как правило, для предоставления чётко контролируемого доступа к важным данным (при этом например, могут отсеиваться строки или хранимые значения могут выводиться с меньшей точностью). Будет ли функция вызываться как доверенная процедура, определяется её меткой безопасности и политикой операционной системы. Например:

```
postgres=# CREATE TABLE customer (
            cid      int primary key,
            cname    text,
            credit    text
        );
CREATE TABLE
postgres=# SECURITY LABEL ON COLUMN customer.credit
            IS 'system_u:object_r:sepgsql_secret_table_t:s0';
SECURITY LABEL
postgres=# CREATE FUNCTION show_credit(int) RETURNS text
            AS 'SELECT regexp_replace(credit, '-'[0-9]+$',''-xxxx'', 'g')
            FROM customer WHERE cid = $1'
            LANGUAGE sql;
CREATE FUNCTION
postgres=# SECURITY LABEL ON FUNCTION show_credit(int)
            IS 'system_u:object_r:sepgsql_trusted_proc_exec_t:s0';
SECURITY LABEL
```

Показанные выше операции должен выполнять пользователь с правами администратора.

```
postgres=# SELECT * FROM customer;
ERROR:  SELinux: security policy violation
postgres=# SELECT cid, cname, show_credit(cid) FROM customer;
cid | cname | show_credit
```

```
-----+-----+-----
 1 | taro   | 1111-2222-3333-xxxx
 2 | hanako | 5555-6666-7777-xxxx
(2 rows)
```

В данном случае обычный пользователь не может обращаться к `customer.credit` напрямую, но доверенная процедура `show_credit` позволяет ему получить номера кредитных карт клиентов, в которых будут скрыты некоторые цифры.

F.35.5.5. Динамические переключения домена

Возможность динамического перехода из домена в домен SELinux позволяет переводить метку безопасности клиентского процесса, клиентский домен в новый контекст, если это допускается политикой безопасности. Для этого клиент должен иметь разрешение `setcurrent`, а также разрешение `dyntransition` для перехода из старого в новый домен.

Динамические переключения домена следует тщательно продумывать, так как таким образом пользователи могут менять свои метки, а значит и привилегии, по собственному желанию, а не (как в случае с доверенными процедурами) по правилам, диктуемым системой. Таким образом, разрешение `dyntransition` считается безопасным, только когда применяется для переключения в домен с более ограниченным набором привилегий, чем текущий. Например:

```
regression=# select sepgsql_getcon();
                sepgsql_getcon
-----
unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-s0:c0.c1023
(1 row)

regression=# SELECT sepgsql_setcon('unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-
s0:c1.c4');
                sepgsql_setcon
-----
t
(1 row)

regression=# SELECT sepgsql_setcon('unconfined_u:unconfined_r:unconfined_t:s0-
s0:c1.c1023');
ERROR:  SELinux: security policy violation
```

В показанном выше примере мы смогли переключиться из более широкого диапазона MCS `c1.c1023` в более узкий `c1.c4`, но переключение в обратную сторону было запрещено.

Сочетание динамического переключения домена с доверенными процедурами позволяет получить интересное решение, подходящее для реализации жизненного цикла процессов с пулом соединений. Даже если вашему менеджеру пула соединений не разрешается запускать многие команды SQL, вы можете разрешить ему сменить метку безопасности клиента, вызвав функцию `sepgsql_setcon()` из доверенной процедуры; для этого может передаваться удостоверение для авторизации запроса на смену метки клиента. После этого сеанс получит привилегии целевого пользователя, а не пользователя пула соединений. Позднее менеджер пула может отменить смену контекста безопасности, вызвав `sepgsql_setcon()` с аргументом `NULL`, так же из доверенной процедуры с необходимыми проверками разрешений. Идея этого подхода в том, что только этой доверенной процедуре будет разрешено менять действующую метку безопасности и только в том случае, когда ей передаётся правильное удостоверение. Разумеется, чтобы это решение было безопасным, хранилище удостоверений (таблица, определение процедуры или что-то другое) не должно быть общедоступным.

F.35.5.6. Разное

Выполнение команды `LOAD` в активном режиме запрещается, так как любой загруженный модуль может легко обойти ограничения политики безопасности.

F.35.6. Функции `sepgsql`

В Таблице F.29 перечислены все доступные функции.

Таблица F.29. Функции `sepgsql`

<code>sepgsql_getcon()</code> returns text	Возвращает клиентский домен, текущую метку безопасности клиента.
<code>sepgsql_setcon(text)</code> returns bool	Переключает домен клиента текущего сеанса в новый домен, если это допускает политика безопасности. Эта функция также принимает в аргументе <code>NULL</code> как запрос на переход в начальный домен клиента.
<code>sepgsql_mcstrans_in(text)</code> returns text	Переводит заданный диапазон MLS/MCS из полной записи в низкоуровневый формат, если работает демон <code>mcstrans</code> .
<code>sepgsql_mcstrans_out(text)</code> returns text	Переводит заданный диапазон MLS/MCS из низкоуровневого формата в полную запись, если работает демон <code>mcstrans</code> .
<code>sepgsql_restorecon(text)</code> returns bool	Устанавливает начальные метки безопасности для всех объектов в текущей базе данных. В аргументе может передаваться <code>NULL</code> или имя файла со спецификациями контекстов, который будет применяться вместо стандартного системного.

F.35.7. Ограничения

Разрешения для языка определения данных (DDL, Data Definition Language)

Вследствие ограничений реализации, для некоторых операций DDL разрешения не проверяются.

Разрешения для языка управления данными (DCL, Data Control Language)

Вследствие ограничений реализации, для операций DCL разрешения не проверяются.

Управление доступом на уровне строк

PostgreSQL поддерживает ограничение доступа на уровне строк, а `sepgsql` — нет.

Скрытые каналы

Модуль `sepgsql` не пытается скрыть существование определённого объекта, даже если пользователю не разрешено обращаться к нему. Например, возможно догадаться о существовании невидимого объекта по конфликтам первичного ключа, нарушениям внешних ключей и т. д., даже когда нельзя получить содержимое этого объекта. Существование совершенно секретной таблицы невозможно скрыть; надеяться можно только на то, что будет защищено её содержимое.

F.35.8. Внешние ресурсы

SE-PostgreSQL Introduction, Введение в SE-PostgreSQL

На этой вики-странице даётся краткий обзор этого решения и рассказывается об архитектуре и конструкции безопасности, администрировании и ожидаемых в будущем возможностях.

SELinux User's and Administrator's Guide, Руководство пользователя и администратора SELinux

В этом документе представлен широкий спектр знаний по администрированию SELinux в ОС. В первую очередь он ориентирован на системы Red Hat, но его область применения не ограничена ими.

Fedora SELinux FAQ, Часто задаваемые вопросы по SELinux в ОС Fedora

В этом документе даются ответы на часто задаваемые вопросы по SELinux. В первую очередь он ориентирован на ОС Fedora, но его область применения не ограничена ей.

F.35.9. Автор

КайГай Кохэй <kaigai@ak.jp.nec.com>

F.36. spi

Модуль spi предоставляет несколько рабочих примеров использования Интерфейса программирования сервера (Server Programming Interface, SPI) и триггеров. Хотя эти функции имеют некоторую ценность сами по себе, они ещё более полезны как заготовки, которые можно приспособить под собственные нужды. Эти функции достаточно общие, чтобы работать с любой таблицей, но вы должны явно указать имена таблицы и полей (как описано ниже) при создании триггера.

Каждая группа функций, описанная ниже, представлена в виде отдельно устанавливаемого расширения.

F.36.1. refint — функции для реализации ссылочной целостности

Функции `check_primary_key()` и `check_foreign_key()` применяются для проверки ограничений внешних ключей. (Эта функциональность уже давно вытеснена встроенным механизмом внешних ключей, но этот модуль всё ещё полезен в качестве примера.)

Функция `check_primary_key()` проверяет ссылающуюся таблицу. Чтобы воспользоваться ей, создайте триггер `BEFORE INSERT OR UPDATE` с этой функцией для таблицы, ссылающейся на другую. Укажите в аргументах триггера: имена столбцов ссылающейся таблицы, образующих внешний ключ, имя целевой таблицы и имена столбцов в ней, образующих первичный/уникальный ключ. Чтобы контролировать несколько внешних ключей, создайте триггер для каждой такой ссылки.

Функция `check_foreign_key()` проверяет целевую таблицу. Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE DELETE OR UPDATE` с этой функцией для таблицы, на которую ссылаются другие. Укажите в аргументах триггера: число ссылающихся таблиц, для которых функция должна выполнить проверки, действие в случае обнаружения ссылающегося ключа (`cascade` — удалить ссылающуюся строку, `restrict` — прервать транзакцию, `setnull` — установить в ссылающихся полях значения NULL), имена столбцов целевой таблицы, образующих первичный/уникальный ключ, а затем имена таблиц и столбцов (в количестве, задаваемом первым аргументом). Заметьте, что поля первичных/уникальных столбцов должны иметь пометку `NOT NULL` и по ним должен быть создан уникальный индекс.

Примеры приведены в `refint.example`.

F.36.2. timetravel — функции для реализации перемещений во времени

В далёком прошлом в PostgreSQL была встроенная возможность перемещений во времени, для которой фиксировалось время добавления и удаления каждого кортежа. Эти функции позволяют её имитировать. Чтобы использовать их, вы должны добавить в таблицу два столбца типа `abstime`, в которых будет храниться дата/время, когда кортеж был вставлен (`start_date`) и когда изменён/удалён (`stop_date`):

```
CREATE TABLE mytab (  
    ...  
    start_date      abstime,  
    stop_date       abstime  
    ...  
);
```

Эти столбцы могут называться как угодно, но в данном описании они называются `start_date` и `stop_date`.

Когда вставляется новая строка, в `start_date` обычно устанавливается текущее время, а в `stop_date` — `infinity` (бесконечность). Триггер автоматически подставит эти значения, если добавляемая строка содержит `NULL` в этих столбцах. Обычно не-`NULL` в этих столбцах может оказаться только при загрузке в базу выгруженных данных.

Кортежи, в которых поле `stop_date` равно `infinity`, считаются «актуальными сейчас» и могут быть изменены. Кортежи с определённой датой `stop_date` больше не могут быть изменены — триггер будет препятствовать этому. (Если вам нужно сделать это, вы можете отключить машину времени как показано ниже.)

Если кортеж является изменяемым, при модификации в нём меняется только `stop_date` (на текущее время), но в таблицу вставляется новый кортеж с модифицированными данными. В поле `start_date` в этом новом кортеже записывается текущее время, а в `stop_date` записывается `infinity`.

При удалении кортеж на самом деле не удаляется; в нём только записывается текущее время в `stop_date`.

Чтобы запросить кортежи «актуальные сейчас», добавьте `stop_date = 'infinity'` в условие `WHERE` вашего запроса. (Возможно, вы захотите завернуть это условие в представление.) Аналогичным образом вы можете запрашивать кортежи, которые были актуальны в любой момент в прошлом, задав подходящие условия для `start_date` и `stop_date`.

Функция `timetravel()` реализует код универсального триггера, поддерживающего это поведение. Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT OR UPDATE OR DELETE` с этой функцией для каждой таблицы, перемещающейся во времени. Передайте триггеру два аргумента: фактические имена столбцов `start_date` и `stop_date`. Вы также можете дополнительно передать от одного до трёх аргументов, задающих имена столбцов типа `text`. Данный триггер сохранит имя текущего пользователя в первый из этих столбцов при `INSERT`, во второй — при `UPDATE`, и в третий — при `DELETE`.

Функция `set_timetravel()` позволяет включить или отключить машину времени для таблицы. Вызов `set_timetravel('mytab', 1)` включает машину времени для таблицы `mytab`, а `set_timetravel('mytab', 0)` — отключает её для таблицы `mytab`. В обоих случаях возвращается прежнее состояние. Когда машина времени выключена, вы можете свободно модифицировать столбцы `start_date` и `stop_date`. Заметьте, что состояние активности машины является локальным для текущего сеанса базы данных — в новых сеансах машина времени всегда включена для всех таблиц.

Функция `get_timetravel()` возвращает состояние перемещения во времени для таблицы, не меняя его.

Пример приведён в `timetravel.example`.

F.36.3. `autoinc` — функции для автоувеличения полей

Функция `autoinc()` реализует код триггера, сохраняющего следующее значение последовательности в целочисленном поле. Это в некоторой степени пересекается со встроенной функциональностью столбца «`serial`», но есть и отличия: `autoinc()` препятствует попыткам вставить другое значение поля при добавлении строк и может увеличивать значение поля при изменениях.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT` (или `BEFORE INSERT OR UPDATE`) с этой функцией. Передайте триггеру два аргумента: имя целочисленного столбца, который будет меняться, и имя объекта последовательности, который будет поставлять значения. (Вообще вы можете задать любое число пар таких имён, если хотите поддерживать несколько автоувеличивающихся столбцов.)

Пример приведён в `autoinc.example`.

F.36.4. `insert_username` — функции для отслеживания пользователя, вносящего изменения

Функция `insert_username()` реализует код триггера, сохраняющего имя текущего пользователя в текстовом поле. Это может быть полезно для отслеживания пользователя, изменившего конкретную строку таблицы последним.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE INSERT` и/или `UPDATE` с этой функцией. Передайте триггеру один аргумент: имя целевого текстового столбца.

Пример приведён в `insert_username.example`.

F.36.5. `moddatetimestamptime` — функции для отслеживания времени последнего изменения

Функция `moddatetimestamptime()` реализует код триггера, сохраняющего текущее время в поле типа `timestamp`. Это может быть полезно для отслеживания времени последней модификации конкретной строки таблицы.

Чтобы использовать её, создайте триггер `BEFORE UPDATE` с этой функцией. Передайте триггеру один аргумент: имя целевого столбца. Столбец должен иметь тип `timestamp` или `timestamp with time zone`.

Пример приведён в `moddatetimestamptime.example`.

F.37. `sslinfo`

Модуль `sslinfo` выдаёт информацию о SSL-сертификате, который был представлен текущим клиентом при подключении к PostgreSQL. Этот модуль бесполезен (большинство функций возвратят `NULL`), если для текущего подключения не задействуется SSL.

Это расширение не будет собираться, если конфигурация была произведена без ключа `--with-openssl`.

F.37.1. Предоставляемые функции

`ssl_is_used()` returns boolean

Возвращает `true`, если текущее подключение использует SSL, и `false` в противном случае.

`ssl_version()` returns text

Возвращает имя протокола, по которому организовано SSL-подключение (например `TLSv1.0`, `TLSv1.1` или `TLSv1.2`).

`ssl_cipher()` returns text

Возвращает имя шифра, используемого для SSL-подключения (например, `DHE-RSA-AES256-SHA`).

`ssl_client_cert_present()` returns boolean

Возвращает `true`, если текущий клиент предоставил серверу действительный клиентский SSL-сертификат, и `false` в противном случае. (Сервер может требовать, а может и не требовать предоставления клиентского сертификата.)

`ssl_client_serial()` returns numeric

Возвращает серийный номер текущего клиентского сертификата. Сочетание серийного номера сертификата с выдавшим его центром сертификации гарантирует однозначную иденти-

кацию сертификата (но не его владелец — владелец должен регулярно менять свои ключи и получать сертификаты в центре сертификации).

Поэтому, если вы используете собственный ЦС и настроили сервер, чтобы он принимал сертификаты только от этого ЦС, серийный номер будет наиболее надёжным (хотя не очень запоминающимся) ключом идентификации пользователя.

`ssl_client_dn()` returns text

Возвращает полное имя субъекта из текущего клиентского сертификата, преобразуя символьные данные в кодировку текущей базы данных. Предполагается, что если в именах в сертификатах используются символы вне таблицы ASCII, то ваша база данных может представить эти символы. Если в вашей базе используется кодировка SQL_ASCII, символы вне ASCII в имени будут представлены последовательностями UTF-8.

Результат выглядит примерно так: /CN=Somebody /C=Some country/O=Some organization.

`ssl_issuer_dn()` returns text

Возвращает полное имя издателя текущего клиентского сертификата, преобразуя символьные данные в кодировку текущей базы данных. Преобразования кодировки осуществляются так же, как и в `ssl_client_dn`.

Сочетание возвращаемого значения этой функции с серийным номером сертификата однозначно идентифицирует сертификат.

Эта функция полезна, только если в установленном на сервере файле с сертификатами ЦС содержатся сертификаты нескольких ЦС или если один ЦС выдаёт сертификаты для промежуточных центров сертификации.

`ssl_client_dn_field(fieldname text)` returns text

Эта функция возвращает значение указанного поля данных субъекта сертификата, либо NULL, если это поле отсутствует. Имена полей задаются строковыми константами, которые затем преобразуются в идентификаторы объектов ASN1, используя базу данных объектов OpenSSL. Принимаются следующие значения:

```
commonName (или CN)
surname (или SN)
name
givenName (или GN)
countryName (или C)
localityName (или L)
stateOrProvinceName (или ST)
organizationName (или O)
organizationUnitName (или OU)
title
description
initials
postalCode
streetAddress
generationQualifier
description
dnQualifier
x500UniqueIdentifier
pseudonym
role
emailAddress
```

Все эти поля являются необязательными, за исключением `commonName`. Какие из них будут включены в сертификат, а какие нет, зависит полностью от политики вашего ЦС. Значение

этих полей, однако, строго определено стандартами X.500 и X.509, так что их нельзя интерпретировать произвольным образом.

`ssl_issuer_field(fieldname text)` returns text

То же, что `ssl_client_dn_field`, но для издателя, а не для субъекта сертификата.

`ssl_extension_info()` returns setof record

Предоставляет информацию о расширениях клиентского сертификата: имя расширения, значение расширения и является ли это расширение критическим.

F.37.2. Автор

Виктор Вагнер <vitus@cryptocom.ru>, ООО «Криптоком»

Дмитрий Воронин <carriingfate92@yandex.ru>

Электронный адрес группы разработчиков OpenSSL в Криптокоме: <openssl@cryptocom.ru>

F.38. tablefunc

Модуль `tablefunc` содержит ряд функций, возвращающих таблицы (то есть, множества строк). Эти функции полезны и сами по себе, и как примеры написания на С функций, возвращающих наборы строк.

F.38.1. Предоставляемые функции

Функции, предоставляемые модулем `tablefunc`, перечислены в Таблице F.30.

Таблица F.30. Функции `tablefunc`

Функция	Возвращает	Описание
<code>normal_rand(int numvals, float8 mean, float8 stddev)</code>	setof float8	Выдаёт набор случайных значений, имеющих нормальное распределение
<code>crosstab(text sql)</code>	setof record	Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс <i>N</i> столбцов значений, где <i>N</i> определяется видом строк, заданным в вызывающем запросе
<code>crosstabN(text sql)</code>	setof table_crosstab_ <i>N</i>	Выдаёт «повёрнутую таблицу», содержащую имена строк плюс <i>N</i> столбцов значений. Функции <code>crosstab2</code> , <code>crosstab3</code> и <code>crosstab4</code> предопределены, но вы можете создать дополнительные функции <code>crosstabN</code> , как описано ниже
<code>crosstab(text source_sql, text category_sql)</code>	setof record	Выдаёт «повёрнутую таблицу» со столбцами значений, заданными вторым запросом
<code>crosstab(text sql, int N)</code>	setof record	Устаревшая версия <code>crosstab(text)</code> . Параметр <i>N</i> теперь игнорируется, так как число столбцов значений всегда определяется вызывающим запросом
<code>connectby(text relname, text keyid_fld, text</code>	setof record	Выдаёт представление иерархической древовидной структуры

Функция	Возвращает	Описание
parent_keyid_fld [, text orderby_fld], text start_ with, int max_depth [, text branch_delim])		

F.38.1.1. normal_rand

normal_rand(int numvals, float8 mean, float8 stddev) returns setof float8

Функция `normal_rand` выдаёт набор случайных значений, имеющих нормальное распределение (распределение Гаусса).

Параметр `numvals` задаёт количество значений, которое выдаст эта функция. Параметр `mean` задаёт медиану нормального распределения, а `stddev` — стандартное отклонение.

Например, этот вызов запрашивает 1000 значений с медианой 5 и стандартным отклонением 3:

```
test=# SELECT * FROM normal_rand(1000, 5, 3);
      normal_rand
-----
 1.56556322244898
 9.10040991424657
 5.36957140345079
-0.369151492880995
 0.283600703686639
 .
 .
 .
 4.82992125404908
 9.71308014517282
 2.49639286969028
(1000 rows)
```

F.38.1.2. crosstab(text)

crosstab(text sql)
crosstab(text sql, int N)

Функция `crosstab` применяется для формирования «повёрнутых» отображений, в которых данные идут вдоль строк, а не сверху вниз. Например, мы можем иметь такие данные:

```
row1    val11
row1    val12
row1    val13
...
row2    val21
row2    val22
row2    val23
...
```

и хотим видеть их так:

```
row1    val11    val12    val13    ...
row2    val21    val22    val23    ...
...
```

Функция `crosstab` принимает в текстовом параметре SQL-запрос, выдающий исходные данные первым способом, и выдаёт таблицу, отформатированную вторым способом.

В параметре `sql` передаётся SQL-запрос, выдающий исходный набор данных. Этот запрос должен возвращать один столбец `row_name`, один столбец `category` и один столбец `value`. Параметр `N` является устаревшим и игнорируется, если передаётся при вызове (раньше он должен был соответ-

ствовать количеству выходных столбцов значений, но теперь это количество определяется вызывающим запросом).

Например, заданный запрос может выдавать такой результат:

row_name	cat	value
row1	cat1	val1
row1	cat2	val2
row1	cat3	val3
row1	cat4	val4
row2	cat1	val5
row2	cat2	val6
row2	cat3	val7
row2	cat4	val8

Функция `crosstab` объявлена как возвращающая `setof record`, так что фактические имена и типы столбцов должны определяться в предложении `FROM` вызывающего оператора `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM crosstab('...') AS ct(row_name text, category_1 text, category_2 text);
```

Этот запрос выдаст примерно такой результат:

row_name	<== столбцы значений ==>	
	category_1	category_2
row1	val1	val2
row2	val5	val6

Предложение `FROM` должно определять результат со столбцом `row_name` (того же типа данных, что у первого результирующего столбца SQL-запроса), за которым следуют N столбцов значений (все того же типа данных, что и третий результирующий столбец SQL-запроса). Количество выходных столбцов значений может быть произвольным и имена выходных столбцов определяете вы сами.

Функция `crosstab` выдаёт одну выходную строку для каждой последовательной группы с одним значением `row_name`. Она заполняет столбцы значений слева направо полями `value` из этих строк. Если в группе оказывается меньше строк, чем выходных столбцов значений, дополнительные столбцы принимают значения `NULL`; если же строк оказывается больше, лишние строки игнорируются.

На практике в SQL-запросе всегда должно указываться `ORDER BY 1, 2`, чтобы входные строки были отсортированы должным образом, то есть, чтобы данные с одинаковым значением `row_name` собирались вместе и корректно упорядочивались в строке. Заметьте, что сама `crosstab` не учитывает второй столбец результата запроса; он присутствует только для того, чтобы определять порядок, в котором значения третьего столбца будут следовать в строке.

Полный пример:

```
CREATE TABLE ct(id SERIAL, rowid TEXT, attribute TEXT, value TEXT);
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att1','val1');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att2','val2');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att3','val3');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test1','att4','val4');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att1','val5');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att2','val6');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att3','val7');
INSERT INTO ct(rowid, attribute, value) VALUES('test2','att4','val8');

SELECT *
FROM crosstab(
    'select rowid, attribute, value
```

```
from ct
where attribute = 'att2' or attribute = 'att3'
order by 1,2')
AS ct(row_name text, category_1 text, category_2 text, category_3 text);
```

row_name	category_1	category_2	category_3
test1	val2	val3	
test2	val6	val7	

(2 rows)

Вы можете в любом случае обойтись без написания предложения `FROM`, определяющего выходные столбцы, создав собственную функцию `crosstab`, в определении которой будет зашит желательный тип выходной строки. Это описывается в следующем разделе. Также имеется возможность включить требуемое предложение `FROM` в определение представления.

Примечание

Также изучите команду `\crosstabview` в `psql`, реализующую функциональность, подобную `crosstab()`.

F.38.1.3. `crosstabN(text)`

```
crosstabN(text sql)
```

Функции `crosstabN` являются примерами того, как можно создать собственные обёртки универсальной функции `crosstab`, чтобы не приходилось выписывать имена и типы столбцов в вызывающем запросе `SELECT`. Модуль `tablefunc` включает функции `crosstab2`, `crosstab3` и `crosstab4`, определяющие типы выходных строк так:

```
CREATE TYPE tablefunc_crosstab_N AS (
    row_name TEXT,
    category_1 TEXT,
    category_2 TEXT,
    .
    .
    .
    category_N TEXT
);
```

Таким образом, эти функции могут применяться непосредственно, когда входной запрос выдаёт столбцы `row_name` и `value` типа `text` и вы хотите получить на выходе 2, 3 или 4 столбца значений. В остальном эти функции ведут себя в точности так же, как и универсальная функция `crosstab`.

Так, пример, приведённый в предыдущем разделе, можно переписать и в таком виде:

```
SELECT *
FROM crosstab3(
    'select rowid, attribute, value
    from ct
    where attribute = 'att2' or attribute = 'att3'
    order by 1,2');
```

Эти функции представлены в основном в демонстрационных целях. Вы можете создать собственные типы возвращаемых данных и реализовать функции на базе нижележащей функции `crosstab()`. Это можно сделать двумя способами:

- Создать составной тип, описывающий желаемые выходные столбцы, примерно как это делается в примерах в `contrib/tablefunc/tablefunc--1.0.sql`. Затем нужно выбрать уникальное имя для функции, принимающей один параметр `text` и возвращающей `setof имя_вашего_типа`.

па, и связать его с той же нижележащей функцией `crosstab` на С. Например, если ваш источник данных выдаёт имена строк типа `text` и значения типа `float8`, и вы хотите получить 5 столбцов значений:

```
CREATE TYPE my_crosstab_float8_5_cols AS (
    my_row_name text,
    my_category_1 float8,
    my_category_2 float8,
    my_category_3 float8,
    my_category_4 float8,
    my_category_5 float8
);

CREATE OR REPLACE FUNCTION crosstab_float8_5_cols(text)
    RETURNS setof my_crosstab_float8_5_cols
    AS '$libdir/tablefunc', 'crosstab' LANGUAGE C STABLE STRICT;
```

- Использовать выходные параметры (OUT), чтобы явно определить возвращаемый тип. Тот же пример можно реализовать и таким способом:

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION crosstab_float8_5_cols(
    IN text,
    OUT my_row_name text,
    OUT my_category_1 float8,
    OUT my_category_2 float8,
    OUT my_category_3 float8,
    OUT my_category_4 float8,
    OUT my_category_5 float8)
    RETURNS setof record
    AS '$libdir/tablefunc', 'crosstab' LANGUAGE C STABLE STRICT;
```

F.38.1.4. `crosstab(text, text)`

`crosstab(text source_sql, text category_sql)`

Основное ограничение формы `crosstab` с одним параметром состоит в том, что она воспринимает все значения в группе одинаково и вставляет очередное значение в первый свободный столбец. Если вы хотите, чтобы столбцы значений соответствовали определённым категориям данных и некоторые группы могли содержать данные не для всех категорий, этот подход не будет работать. Форма `crosstab` с двумя параметрами решает эту задачу, принимая явный список категорий, соответствующих выходным столбцам.

В параметре `source_sql` передаётся SQL-оператор, выдающий исходный набор данных. Этот оператор должен выдавать строки со столбцом `row_name`, столбцом `category` и столбцом `value`. Также он может выдать один или несколько «дополнительных» столбцов. Столбец `row_name` должен быть первым, а столбцы `category` и `value` — последними двумя, именно в этом порядке. Все столбцы между `row_name` и `category` воспринимаются как «дополнительные». Ожидается, что «дополнительные» столбцы будут содержать одинаковые значения для всех строк с одним значением `row_name`.

Например, `source_sql` может выдать такой набор данных:

```
SELECT row_name, extra_col, cat, value FROM foo ORDER BY 1;
```

row_name	extra_col	cat	value
row1	extra1	cat1	val1
row1	extra1	cat2	val2
row1	extra1	cat4	val4
row2	extra2	cat1	val5
row2	extra2	cat2	val6

row2	extra2	cat3	val7
row2	extra2	cat4	val8

В параметре *category_sql* передаётся оператор SQL, выдающий набор категорий. Этот оператор должен возвращать всего один столбец. Он должен выдать минимум одну строку; в противном случае произойдёт ошибка. Кроме того, выдаваемые им значения не должны повторяться, иначе так же произойдёт ошибка. В качестве *category_sql* можно передать, например, такой запрос:

```
SELECT DISTINCT cat FROM foo ORDER BY 1;
   cat
-----
  cat1
  cat2
  cat3
  cat4
```

Функция *crosstab* объявлена как возвращающая тип *setof record*, так что фактические имена и типы выходных столбцов должны определяться в предложении *FROM* вызывающего оператора *SELECT*, например так:

```
SELECT * FROM crosstab('...', '...')
  AS ct(row_name text, extra text, cat1 text, cat2 text, cat3 text, cat4 text);
```

При этом будет получен примерно такой результат:

		<== столбцы значений ==>			
row_name	extra	cat1	cat2	cat3	cat4
-----+-----+-----+-----+-----+-----					
row1	extra1	val1	val2		val4
row2	extra2	val5	val6	val7	val8

В предложении *FROM* должно определяться нужное количество выходных столбцов соответствующих типов данных. Если запрос *source_sql* выдаёт *N* столбцов, первые *N-2* из них должны соответствовать первым *N-2* выходным столбцам. Оставшиеся выходные столбцы должны иметь тип последнего столбца результата *source_sql* и их должно быть столько, сколько строк оказалось в результате запроса *category_sql*.

Функция *crosstab* выдаёт одну выходную строку для каждой последовательной группы входных строк с одним значением *row_name*. Выходной столбец *row_name* плюс все «дополнительные» столбцы копируются из первой строки группы. Выходные столбцы значений заполняются содержимым полей *value* из строк с соответствующими значениями *category*. Если в поле *category* оказывается значение, отсутствующее в результате запроса *category_sql*, содержимое поля *value* в этой строке игнорируется. Выходные столбцы, для которых соответствующая категория не представлена ни в одной из входных строк группы, принимают значения *NULL*.

На практике в запросе *source_sql* всегда нужно указывать *ORDER BY 1*, чтобы все значения с одним *row_name* гарантированно выводились вместе. Порядок же категорий внутри группы не важен. Кроме того, важно, чтобы порядок значений, выдаваемых запросом *category_sql*, соответствовал заданному порядку выходных столбцов.

Два законченных примера:

```
create table sales(year int, month int, qty int);
insert into sales values(2007, 1, 1000);
insert into sales values(2007, 2, 1500);
insert into sales values(2007, 7, 500);
insert into sales values(2007, 11, 1500);
insert into sales values(2007, 12, 2000);
insert into sales values(2008, 1, 1000);

select * from crosstab(
```

```
'select year, month, qty from sales order by 1',
'select m from generate_series(1,12) m'
) as (
year int,
"Jan" int,
"Feb" int,
"Mar" int,
"Apr" int,
"May" int,
"Jun" int,
"Jul" int,
"Aug" int,
"Sep" int,
"Oct" int,
"Nov" int,
"Dec" int
);
year | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----
2007 | 1000 | 1500 |      |      |      |      | 500 |      |      |      | 1500 | 2000
2008 | 1000 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
(2 rows)
```

```
CREATE TABLE cth(rowid text, rowdt timestamp, attribute text, val text);
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','temperature','42');
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','test_result','PASS');
INSERT INTO cth VALUES('test1','01 March 2003','volts','2.6987');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','temperature','53');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','test_result','FAIL');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','test_startdate','01 March 2003');
INSERT INTO cth VALUES('test2','02 March 2003','volts','3.1234');
```

```
SELECT * FROM crosstab
(
'SELECT rowid, rowdt, attribute, val FROM cth ORDER BY 1',
'SELECT DISTINCT attribute FROM cth ORDER BY 1'
)
AS
(
    rowid text,
    rowdt timestamp,
    temperature int4,
    test_result text,
    test_startdate timestamp,
    volts float8
);
rowid |          rowdt          | temperature | test_result |      test_startdate
| volts
-----+-----+-----+-----+-----
test1 | Sat Mar 01 00:00:00 2003 |          42 | PASS       |
| 2.6987
test2 | Sun Mar 02 00:00:00 2003 |          53 | FAIL       | Sat Mar 01 00:00:00
2003 | 3.1234
(2 rows)
```

Вы можете создать предопределённые функции, чтобы не выписывать имена и типы результирующих столбцов в каждом запросе. Примеры приведены в предыдущем разделе. Нижележащая функция C для этой формы crosstab называется crosstab_hash.

F.38.1.5. connectby

```
connectby(text relname, text keyid_fld, text parent_keyid_fld
         [, text orderby_fld ], text start_with, int max_depth
         [, text branch_delim ])
```

Функция `connectby` выдаёт отображение данных, содержащихся в таблице, в иерархическом виде. Таблица должна содержать поле ключа, однозначно идентифицирующее строки, и поле ключа родителя, ссылающееся на родителя строки (если он есть). Функция `connectby` может вывести вложенное дерево, начиная с любой строки.

Параметры описаны в Таблице F.31.

Таблица F.31. Параметры connectby

Параметр	Описание
<i>relname</i>	Имя исходного отношения
<i>keyid_fld</i>	Имя поля ключа
<i>parent_keyid_fld</i>	Имя поля, содержащего ключ родителя
<i>orderby_fld</i>	Имя поля, по которому сортируются потомки (необязательно)
<i>start_with</i>	Значение ключа отправной строки
<i>max_depth</i>	Максимальная глубина, на которую можно погрузиться, либо ноль для неограниченного погружения
<i>branch_delim</i>	Строка, разделяющая ключи в выводе ветви (необязательно)

Поля ключа и ключа родителя могут быть любого типа, но должны иметь общий тип. Заметьте, что значение *start_with* должно задаваться текстовой строкой, вне зависимости от типа поля ключа.

Функция `connectby` объявлена как возвращающая `setof record`, так что фактические имена и типы выходных столбцов должны определяться в предложении `FROM` вызывающего оператора `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0,
                        '~')
      AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text, pos int);
```

Первые два выходных столбца используются для вывода ключа текущей строки и ключа её родителя; их тип должен соответствовать типу поля ключа. Третий выходной столбец задаёт глубину в дереве и должен иметь тип `integer`. Если передаётся параметр *branch_delim*, в следующем столбце выводятся ветви, и этот столбец должен иметь тип `text`. Наконец, если передаётся параметр *orderby_fld*, в последнем столбце выводятся последовательные числа, и он должен иметь тип `integer`.

В столбце «branch» показывается путь по ключам, приведший к текущей строке. Ключи разделяются заданной строкой *branch_delim*. Если выводить ветви не требуется, опустите параметр *branch_delim* и столбец `branch` в списке выходных столбцов.

Если порядок потомков одного родителя имеет значение, добавьте параметр *orderby_fld*, указывающий поле для упорядочивания потомков. Это поле может иметь любой тип, допускающий сортировку. Список выходных столбцов должен включать последним столбцом целочисленный столбец с последовательными значениями, если и только если передаётся параметр *orderby_fld*.

Параметры, представляющие имена таблицы и полей, копируются как есть в SQL-запросы, которые `connectby` генерирует внутри. Таким образом, их нужно заключить в двойные кавычки, если они содержат буквы в разном регистре или специальные символы. Также может понадобиться дополнить имя таблицы схемой.

С большими таблицами производительность будет неудовлетворительной, если не создать индекс по полю с ключом родителя.

Важно, чтобы строка *branch_delim* не фигурировала в значениях ключа, иначе *connectby* может некорректно сообщить об ошибке бесконечной вложенности. Заметьте, что если параметр *branch_delim* не задаётся, для выявления заикленности применяется символ ~.

Пример:

```
CREATE TABLE connectby_tree(keyid text, parent_keyid text, pos int);
```

```
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row1',NULL, 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row2','row1', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row3','row1', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row4','row2', 1);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row5','row2', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row6','row4', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row7','row3', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row8','row6', 0);
INSERT INTO connectby_tree VALUES('row9','row5', 0);
```

```
-- с ветвями без orderby_fld (порядок результатов не гарантируется)
```

```
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'row2', 0, '~')
AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text);
```

keyid	parent_keyid	level	branch
row2		0	row2
row4	row2	1	row2~row4
row6	row4	2	row2~row4~row6
row8	row6	3	row2~row4~row6~row8
row5	row2	1	row2~row5
row9	row5	2	row2~row5~row9

(6 rows)

```
-- без ветвей и без orderby_fld (порядок результатов не гарантируется)
```

```
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'row2', 0)
AS t(keyid text, parent_keyid text, level int);
```

keyid	parent_keyid	level
row2		0
row4	row2	1
row6	row4	2
row8	row6	3
row5	row2	1
row9	row5	2

(6 rows)

```
-- с ветвями и с orderby_fld (заметьте, что row5 идёт перед row4)
```

```
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0, '~')
AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, branch text, pos int);
```

keyid	parent_keyid	level	branch	pos
row2		0	row2	1
row5	row2	1	row2~row5	2
row9	row5	2	row2~row5~row9	3
row4	row2	1	row2~row4	4
row6	row4	2	row2~row4~row6	5
row8	row6	3	row2~row4~row6~row8	6

(6 rows)

```
-- без ветвей, с orderby_fld (заметьте, что row5 идёт перед row4)
SELECT * FROM connectby('connectby_tree', 'keyid', 'parent_keyid', 'pos', 'row2', 0)
AS t(keyid text, parent_keyid text, level int, pos int);
keyid | parent_keyid | level | pos
-----+-----+-----+-----
row2  |              |      0 |    1
row5  | row2         |      1 |    2
row9  | row5         |      2 |    3
row4  | row2         |      1 |    4
row6  | row4         |      2 |    5
row8  | row6         |      3 |    6
(6 rows)
```

F.38.2. Автор

Джо Конвей

F.39. tcn

Модуль `tcn` предлагает триггерную функцию, уведомляющую приёмники уведомлений об изменениях в любой таблице, к которой привязан триггер. Она должна использоваться в качестве триггера AFTER вида FOR EACH ROW.

Этой функции в операторе CREATE TRIGGER передаётся только один параметр, и он не является обязательным. Если этот параметр присутствует, он задаёт имя канала для уведомлений. В случае его отсутствия именем канала будет `tcn`.

Сообщение уведомления включает имя таблицы, букву, обозначающую тип выполняемой операции и пары имя столбца/значение для столбца первичного ключа. Каждая часть сообщения отделяется от следующей запятой. Для упрощения разбора сообщения регулярными выражениями имена таблицы и столбцов всегда заключаются в двойные кавычки, а значения данных — в апострофы. Внутренние кавычки и апострофы дублируются.

Далее приведена краткая демонстрация использования расширения.

```
test=# create table tcndata
test=# (
test(#   a int not null,
test(#   b date not null,
test(#   c text,
test(#   primary key (a, b)
test(# );
CREATE TABLE
test=# create trigger tcndata_tcn_trigger
test=# after insert or update or delete on tcndata
test=# for each row execute function triggered_change_notification();
CREATE TRIGGER
test=# listen tcn;
LISTEN
test=# insert into tcndata values (1, date '2012-12-22', 'one'),
test=#                                     (1, date '2012-12-23', 'another'),
test=#                                     (2, date '2012-12-23', 'two');
INSERT 0 3
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
received from server process with PID 22770.
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='1',"b"='2012-12-23'"
received from server process with PID 22770.
```

```
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",I,"a"='2',"b"='2012-12-23'"
received from server process with PID 22770.
test=# update tcndata set c = 'uno' where a = 1;
UPDATE 2
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",U,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
received from server process with PID 22770.
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",U,"a"='1',"b"='2012-12-23'"
received from server process with PID 22770.
test=# delete from tcndata where a = 1 and b = date '2012-12-22';
DELETE 1
Asynchronous notification "tcn" with payload ""tcndata",D,"a"='1',"b"='2012-12-22'"
received from server process with PID 22770.
```

F.40. test_decoding

Модуль `test_decoding` представляет пример модуля вывода логического декодирования. Он не делает ничего особенно полезного, но может послужить отправной точкой для разработки собственного модуля вывода.

Модуль `test_decoding` получает WAL через механизм логического декодирования и переводит его в текстовое представление выполняемых операций.

Типичный вывод этого модуля, работающего через интерфейс логического декодирования SQL, может выглядеть так:

```
postgres=# SELECT * FROM pg_logical_slot_get_changes('test_slot', NULL, NULL, 'include-
xids', '0');
      lsn      | xid | data
-----+-----+-----
0/16D30F8 | 691 | BEGIN
0/16D32A0 | 691 | table public.data: INSERT: id[int4]:2 data[text]:'arg'
0/16D32A0 | 691 | table public.data: INSERT: id[int4]:3 data[text]:'demo'
0/16D32A0 | 691 | COMMIT
0/16D32D8 | 692 | BEGIN
0/16D3398 | 692 | table public.data: DELETE: id[int4]:2
0/16D3398 | 692 | table public.data: DELETE: id[int4]:3
0/16D3398 | 692 | COMMIT
(8 rows)
```

F.41. tsm_system_rows

Модуль `tsm_system_rows` предоставляет метод извлечения выборки `SYSTEM_ROWS`, который можно использовать в предложении `TABLESAMPLE` команды `SELECT`.

Этот метод извлечения выборки принимает один целочисленный аргумент, задающий максимальное число выбираемых строк. Результирующая выборка будет содержать в точности столько строк, если только в таблице не оказывается меньше заданного числа строк (в этом случае выдаётся вся таблица).

Как и встроенный метод извлечения выборки `SYSTEM`, `SYSTEM_ROWS` производит выборку на уровне блоков, так что выборка будет не полностью случайной, а может подвергаться эффектам кластеризации, особенно когда запрашивается небольшое число строк.

`SYSTEM_ROWS` не поддерживает предложение `REPEATABLE`.

F.41.1. Примеры

Пример получения выборки из таблицы с применением метода `SYSTEM_ROWS`. Сначала нужно установить расширение:

```
CREATE EXTENSION tsm_system_rows;
```

Затем вы можете использовать его в команде `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM my_table TABLESAMPLE SYSTEM_ROWS(100);
```

Эта команда выдаст выборку из 100 строк из таблицы `my_table` (а если в таблице не окажется 100 видимых строк, будут возвращены все строки).

F.42. `tsm_system_time`

Модуль `tsm_system_time` предоставляет метод извлечения выборки `SYSTEM_TIME`, который можно использовать в предложении `TABLESAMPLE` команды `SELECT`.

Этот метод извлечения выборки принимает в единственном аргументе число с плавающей точкой, задающее максимальное время (в миллисекундах), которое отводится на чтение таблицы. Это даёт возможность непосредственно управлять длительностью выполнения запроса, ценой того, что размер выборки оказывается трудно предсказуемым. Результирующая выборка будет содержать столько строк, сколько удастся прочитать за отведённое время, если только быстрее не будет прочитана вся таблица.

Как и встроенный метод извлечения выборки `SYSTEM`, `SYSTEM_TIME` производит выборку на уровне блоков, так что выборка будет не полностью случайной, а может подвергаться эффектам кластеризации, особенно когда выбирается небольшое число строк.

`SYSTEM_TIME` не поддерживает предложение `REPEATABLE`.

F.42.1. Примеры

Пример получения выборки из таблицы с применением метода `SYSTEM_TIME`. Сначала нужно установить расширение:

```
CREATE EXTENSION tsm_system_time;
```

Затем вы можете использовать его в команде `SELECT`, например так:

```
SELECT * FROM my_table TABLESAMPLE SYSTEM_TIME(1000);
```

Эта команда выдаст настолько большую выборку из `my_table`, насколько много строк она успеет прочитать за 1 секунду (1000 миллисекунд). Разумеется, если за 1 секунду удастся прочитать всю таблицу, будут возвращены все её строки.

F.43. `unaccent`

Модуль `unaccent` представляет словарь текстового поиска, который убирает надстрочные (диакритические) знаки из лексем. Это фильтрующий словарь, что значит, что выводимые им данные всегда передаются следующему словарию (если он есть), в отличие от нормальных словарей. Применяя его, можно выполнить полнотекстовый поиск без учёта ударений (диакритики).

Текущую реализацию `unaccent` нельзя использовать в качестве нормализующего словаря для словаря `thesaurus`.

F.43.1. Конфигурирование

Словарь `unaccent` принимает следующие параметры:

- Параметр `RULES` задаёт базовое имя файла со списком правил преобразования. Этот файл должен находиться в каталоге `$$SHAREDIR/tsearch_data/` (где под `$$SHAREDIR` понимается каталог с общими данными инсталляции PostgreSQL). Имя файла должно заканчиваться расширением `.rules` (которое не нужно указывать в параметре `RULES`).

Файл правил имеет следующий формат:

- Каждая строка представляет одно правило перевода, состоящее из символа с диакритикой, за которым следует символ без диакритики. Первый символ переводится во второй. Например,

À	A
Á	A
Â	A
Ã	A
Ä	A
Å	A
Æ	AE

Эти два символа должны разделяться пробельным символом, а любые начальные или конечные пробельные символы в этой строке игнорируются.

- В качестве альтернативного варианта, если в строке задан всего один символ, вхождения этого символа будут удаляться; это полезно для языков, в которых диакритика представляется отдельными символами.
- На самом деле роль «символа» может играть любая строка, не содержащая пробельные символы, так что словари `unaccent` могут быть полезны и для другого рода замены подстрок, а не только для удаления диакритик.
- Как и другие файлы конфигурации текстового поиска в PostgreSQL, файл правил должен иметь кодировку UTF-8. При загрузке данные из него будут автоматически преобразованы в кодировку текущей базы данных. Все строки в нём, содержащие непередаваемые символы, просто игнорируются, так что файлы правил могут содержать правила, неприменимые в текущей кодировке.

Более полный набор правил, непосредственно пригодный для большинства европейских языков, можно найти в файле `unaccent.rules`, который помещается в `$SHAREDIR/tsearch_data/`, когда устанавливается модуль `unaccent`. Этот файл правил переводит буквы с диакритикой в те же буквы без диакритики, а также разворачивает лигатуры в равнозначные последовательности простых символов (например, `Æ` в `AE`).

F.43.2. Использование

При установке расширения `unaccent` в базе создаётся шаблон текстового поиска `unaccent` и словарь `unaccent` на его основе. Для словаря `unaccent` по умолчанию определяется параметр `RULES='unaccent'`, благодаря чему его можно сразу использовать со стандартным файлом `unaccent.rules`. При желании вы можете изменить этот параметр, например, так

```
mydb=# ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY unaccent (RULES='my_rules');
```

или создать новые словари на основе этого шаблона.

Протестировать этот словарь можно так:

```
mydb=# select ts_lexize('unaccent','Hôtel');
ts_lexize
-----
{Hotel}
(1 row)
```

Следующий пример показывает, как вставить словарь `unaccent` в конфигурацию текстового поиска:

```
mydb=# CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION fr ( COPY = french );
mydb=# ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION fr
      ALTER MAPPING FOR hword, hword_part, word
      WITH unaccent, french_stem;
mydb=# select to_tsvector('fr','Hôtels de la Mer');
to_tsvector
-----
'hotel':1 'mer':4
```

```
(1 row)
```

```
mydb=# select to_tsvector('fr','Hôtel de la Mer') @@ to_tsquery('fr','Hotels');
?column?
```

```
t
(1 row)
```

```
mydb=# select ts_headline('fr','Hôtel de la Mer',to_tsquery('fr','Hotels'));
ts_headline
```

```
-----
<b>Hôtel</b> de la Mer
(1 row)
```

F.43.3. Функции

Функция `unaccent()` удаляет надстрочные (диакритические) знаки из заданной строки. По сути она представляет собой обёртку вокруг словарей в стиле `unaccent`, но может вызываться и вне обычного контекста текстового поиска.

```
unaccent([словарь regdictionary,] строка text) returns text
```

Если аргумент *словарь* опущен, будет использоваться словарь с именем `unaccent`, находящийся в той же схеме, что и сама функция `unaccent()`.

Пример:

```
SELECT unaccent('unaccent', 'Hôtel');
SELECT unaccent('Hôtel');
```

F.44. uuid-oss

Модуль `uuid-oss` предоставляет функции для генерирования универсальных уникальных идентификаторов (UUID) по одному из нескольких стандартных алгоритмов. В нём также есть функции, выдающие специальные UUID-константы.

F.44.1. Функции uuid-oss

В Таблице F.32 показаны функции, предназначенные для генерации UUID. Четыре алгоритма для генерации UUID, обозначаемые номерами версий 1, 3, 4 и 5, описаны в стандартах ITU-T Rec. X.667, ISO/IEC 9834-8:2005 и RFC 4122. (Алгоритма версии 2 нет.) Каждый из этих алгоритмов предназначен для различных сфер применения.

Таблица F.32. Функции для генерирования UUID

Функция	Описание
<code>uuid_generate_v1()</code>	Эта функция генерирует UUID версии 1. Такой UUID включает в себя MAC-адрес компьютера и текущее время. Заметьте, что UUID такого типа раскрывают «личность» компьютера, создавшего идентификатор, и время этой операции, что может быть неприемлемым для определённых приложений, где важна конфиденциальность.
<code>uuid_generate_v1mc()</code>	Эта функция генерирует UUID версии 1, но вместо реального MAC-адреса компьютера используется случайный групповой MAC-адрес.
<code>uuid_generate_v3(namespace uuid, name text)</code>	Эта функция генерирует UUID версии 3 для заданного пространства имён UUID и указанного имени. Пространство имён должно задаваться

Функция	Описание
	одной из специальных констант, которые выдаются функциями <code>uuid_ns_*</code>(), перечисленными в Таблице F.33. (Хотя теоретически это может быть любой UUID.) Имя задаёт идентификатор в выбранном пространстве имён. Например: <pre>SELECT uuid_generate_v3(uuid_ns_url(), 'http://www.postgresql.org');</pre> Из параметра <code>name</code> будет получен MD5-хеш, так что из сгенерированного UUID нельзя будет восстановить имя. В генерируемых таким алгоритмом UUID нет элемента случайности или зависимости от окружения, так что они могут быть воспроизведены.
<code>uuid_generate_v4()</code>	Эта функция генерирует UUID версии 4, который всецело определяется случайными числами.
<code>uuid_generate_v5(namespace uuid, name text)</code>	Эта функция генерирует UUID версии 5, который похож на версию 3, но хеш рассчитывается по алгоритму SHA-1. Версия 5 предпочтительнее версии 3, так как SHA-1 считается более безопасным, чем MD5.

Таблица F.33. Функции, возвращающие UUID-константы

<code>uuid_nil()</code>	«Нулевой» UUID, который не считается действительным UUID.
<code>uuid_ns_dns()</code>	Константа, обозначающая пространство имён DNS для UUID.
<code>uuid_ns_url()</code>	Константа, обозначающая пространство имён URL для UUID.
<code>uuid_ns_oid()</code>	Константа, обозначающая пространство имён идентификаторов объектов ISO (OID, ISO Object Identifier) для UUID. (Здесь имеются в виду идентификаторы объектов ASN.1, которые никак не связаны с OID, применяемыми в PostgreSQL.)
<code>uuid_ns_x500()</code>	Константа, обозначающая пространство имён с уникальными именами X.500 для UUID.

F.44.2. Сборка `uuid-ossdp`

В прошлом этот модуль зависел от библиотеки OSSP UUID, что отразилось в его имени. Хотя библиотеку OSSP UUID всё ещё можно найти по адресу <http://www.ossdp.org/pkg/lib/uuid/>, она плохо поддерживается и её становится всё сложнее портировать на новые платформы. Поэтому модуль `uuid-ossdp` теперь на некоторых платформах можно собирать без библиотеки OSSP. Во FreeBSD, NetBSD и некоторых других ОС на базе BSD подходящие функции формирования UUID включены в системную библиотеку `libc`. В Linux, macOS и некоторых других платформах подходящие функции предоставляются библиотекой `libuuid`, которая изначально пришла из проекта `e2fsprogs` (хотя в современных дистрибутивах Linux она является частью пакета `util-linux-ng`). Вызывая `configure`, передайте ключ `--with-uuid=bsd`, чтобы использовать функции BSD, либо `--with-uuid=e2fs`, чтобы использовать `libuuid` из `e2fsprogs`, либо ключ `--with-uuid=ossdp`, чтобы использовать библиотеку OSSP UUID. В конкретной системе может быть установлено сразу несколько библиотек, поэтому `configure` не выбирает библиотеку автоматически.

Примечание

Если вам нужны только случайные UUID (версии 4), в качестве альтернативы вы можете использовать функцию `gen_random_uuid()` из модуля `pgcrypto`.

F.44.3. Автор

Питер Эйзентраут <peter_e@gmx.net>

F.45. xml2

Модуль `xml2` предоставляет функции для выполнения запросов XPath и преобразований XSLT.

F.45.1. Уведомление об актуальности

Начиная с PostgreSQL 8.3, функциональность, связанная с XML, основана на стандарте SQL/XML и включена в ядро сервера. Эта функциональность охватывает проверку синтаксиса XML и запросы XPath, что в частности делает и этот модуль, но он имеет абсолютно несовместимый API. Этот модуль планируется удалить в будущей версии PostgreSQL в пользу нового стандартного API, так что мы рекомендуем вам попробовать перевести свои приложения на новый API. Если вы обнаружите, что какая-то функциональность этого модуля не представлена новым API в подходящей форме, пожалуйста, напишите о вашем затруднении в <pgsql-hackers@postgresql.org>, чтобы этот недостаток был рассмотрен и, возможно, устранён.

F.45.2. Описание функций

Функции, предоставляемые этим модулем, перечислены в Таблице F.34. Эти функции позволяют выполнять простой разбор XML и запросы XPath. Все их аргументы имеют тип `text`, поэтому для краткости типы опущены.

Таблица F.34. Функции

Функция	Возвращает	Описание
<code>xml_valid(document)</code>	<code>bool</code>	Эта функция разбирает текст документа, переданный в параметре, и возвращает <code>true</code> , если это правильно сформированный XML. (Замечание: это псевдоним стандартной функции PostgreSQL <code>xml_is_well_formed()</code> . Имя <code>xml_valid()</code> технически некорректно, так как понятия правильности формата (<code>well-formed</code>) и допустимости (<code>valid</code>) в XML различаются.)
<code>xpath_string(document, query)</code>	<code>text</code>	Эти функции обрабатывают запрос XPath для переданного документа и приводят результат к указанному типу.
<code>xpath_number(document, query)</code>	<code>float4</code>	
<code>xpath_bool(document, query)</code>	<code>bool</code>	
<code>xpath_node_set(document, query, toptag, itemtag)</code>	<code>text</code>	Эта функция обрабатывает запрос для документа и помещает результат внутрь XML-тегов. Если результат содержит несколько значений, она выдаст:

Функция	Возвращает	Описание
		<code><toptag></code> <code><itemtag></code> Значение 1, которое может быть фрагментом XML <code></</code> <code>itemtag></code> <code><itemtag></code> Значение 2.... <code></</code> <code>itemtag></code> <code></toptag></code> Если <code>toptag</code> или <code>itemtag</code> — пу- стая строка, соответствующий тег опускается.
<code>xpath_nodeaset (document, query)</code>	text	Подобна <code>xpath_nodeaset (</code> <code>document, query, toptag,</code> <code>itemtag)</code> , но выводит резуль- тат без обоих тегов.
<code>xpath_nodeaset (document, query, itemtag)</code>	text	Подобна <code>xpath_nodeaset (</code> <code>document, query, toptag,</code> <code>itemtag)</code> , но выводит резуль- тат без <code>toptag</code> .
<code>xpath_list (document, query, separator)</code>	text	Эта функция возвращает несколько значений, вставляя между ними заданный раздели- тель, например: Значение 1, Значение 2,Значение 3 , если разделитель — знак , .
<code>xpath_list (document, query)</code>	text	Это обёртка предыдущей функ- ции, устанавливающая в каче- стве разделителя знак , .

F.45.3. xpath_table

`xpath_table(text key, text document, text relation, text xpaths, text criteria)` returns
 setof record

Табличная функция `xpath_table` выполняет набор запросов XPath для каждого из набора докумен-
 тов и возвращает результаты в виде таблицы. В первом столбце результата возвращается первич-
 ный ключ из таблицы документов, так что результат оказывается готовым к применению в соеди-
 нениях. Параметры функции описаны в Таблице F.35.

Таблица F.35. Параметры xpath_table

Параметр	Описание
<i>key</i>	имя «ключевого» поля — содержимое этого по- ля просто окажется в первом столбце выходной таблицы, то есть оно указывает на запись, из которой была получена определённая выходная строка (см. замечание о нескольких значениях ниже)
<i>document</i>	имя поля, содержащего XML-документ
<i>relation</i>	имя таблицы (или представления), содержащей документы
<i>xpaths</i>	одно или несколько выражений XPath, разделён- ных символом
<i>criteria</i>	содержимое предложения WHERE. Оно не мо- жет быть пустым, так что если вам нужно обра-

Параметр	Описание
	ботать все строки в отношении, напишите true или 1=1

Эти параметры (за исключением строк XPath) просто подставляются в обычный оператор SQL SELECT, так что у вас есть определённая гибкость — оператор выглядит так:

```
SELECT <key>, <document> FROM <relation> WHERE <criteria>
```

поэтому в этих параметрах можно передать *всё*, что будет корректно воспринято в этих позициях. Этот SELECT должен возвращать ровно два столбца (что и будет иметь место, если только вы не перечислите несколько полей в параметрах key или document). Будьте осторожны — при таком примитивном подходе обязательно нужно проверять все значения, получаемые от пользователя, во избежание атак с инъекцией SQL.

Эта функция предназначена для использования в выражении FROM, с предложением AS, задающим выходные столбцы; например:

```
SELECT * FROM
xpath_table('article_id',
            'article_xml',
            'articles',
            '/article/author|article/pages|article/title',
            'date_entered > ''2003-01-01'' ')
AS t(article_id integer, author text, page_count integer, title text);
```

Предложение AS определяет имена и типы столбцов в выходной таблице. Первым определяется «ключевое» поле, а за ним поля, соответствующие запросам XPath. Если запросов XPath больше, чем столбцов в результате, лишние запросы будут игнорироваться. Если же результирующих столбцов больше, чем запросов XPath, дополнительные столбцы принимают значение NULL.

Заметьте, что в этом примере столбец результата page_count определён как целочисленный. Данная функция внутри имеет дело со строковыми значениями, так что, когда вы указываете, что в результате нужно получить целое число, она берёт текстовое представление результата XPath и, применяя функции ввода PostgreSQL, преобразует её в целое число (или в тот тип, который указан в предложении AS). Если она не сможет сделать это, произойдёт ошибка — например, если результат пустой — так что если вы допускаете возможность таких проблем с данными, возможно, будет лучше просто оставить для столбца тип text.

Вызывающий оператор SELECT не обязательно должен быть простым SELECT * — он может обращаться к выходным столбцам по именам и соединять их с другими таблицами. Эта функция формирует виртуальную таблицу, с которой вы можете выполнять любые операции, какие пожелаете (например, агрегировать, соединять, сортировать данные и т. д.). Поэтому возможен и такой запрос:

```
SELECT t.title, p.fullname, p.email
FROM xpath_table('article_id', 'article_xml', 'articles',
                '/article/title|article/author/@id',
                'xpath_string(article_xml, '/article/@date') > ''2003-03-20'' ')
    AS t(article_id integer, title text, author_id integer),
    tblPeopleInfo AS p
WHERE t.author_id = p.person_id;
```

в качестве более сложного примера. Разумеется, для удобства вы можете завернуть весь этот запрос в представление.

F.45.3.1. Результаты с набором значений

Функция xpath_table рассчитана на то, что результатом каждого запроса XPath может быть набор данных, так что количество возвращённых этой функцией строк может не совпадать с количеством входных документов. В первой строке возвращается первый результат каждого запроса, во второй

— второй результат и т. д. Если один из запросов возвращает меньше значений, чем другие, вместо недостающих значений будет возвращаться NULL.

В некоторых случаях пользователь знает, что некоторый запрос XPath будет возвращать только один результат (возможно, уникальный идентификатор документа) — если он используется рядом с запросом XPath, возвращающим несколько результатов, результат с одним значением будет выведен только в первой выходной строке. Чтобы исправить это, можно воспользоваться полем ключа и соединить результат с более простым запросом XPath. Например:

```
CREATE TABLE test (
    id int PRIMARY KEY,
    xml text
);

INSERT INTO test VALUES (1, '<doc num="C1">
<line num="L1"><a>1</a><b>2</b><c>3</c></line>
<line num="L2"><a>11</a><b>22</b><c>33</c></line>
</doc>');

INSERT INTO test VALUES (2, '<doc num="C2">
<line num="L1"><a>111</a><b>222</b><c>333</c></line>
<line num="L2"><a>111</a><b>222</b><c>333</c></line>
</doc>');

SELECT * FROM
    xpath_table('id','xml','test',
                '/doc/@num|/doc/line/@num|/doc/line/a|/doc/line/b|/doc/line/c',
                'true')
    AS t(id int, doc_num varchar(10), line_num varchar(10), val1 int, val2 int, val3 int)
WHERE id = 1 ORDER BY doc_num, line_num
```

id	doc_num	line_num	val1	val2	val3
1	C1	L1	1	2	3
1		L2	11	22	33

Чтобы получить doc_num в каждой строке, можно вызывать xpath_table дважды и соединить результаты:

```
SELECT t.*,i.doc_num FROM
    xpath_table('id', 'xml', 'test',
                '/doc/line/@num|/doc/line/a|/doc/line/b|/doc/line/c',
                'true')
    AS t(id int, line_num varchar(10), val1 int, val2 int, val3 int),
    xpath_table('id', 'xml', 'test', '/doc/@num', 'true')
    AS i(id int, doc_num varchar(10))
WHERE i.id=t.id AND i.id=1
ORDER BY doc_num, line_num;
```

id	line_num	val1	val2	val3	doc_num
1	L1	1	2	3	C1
1	L2	11	22	33	C1

(2 rows)

F.45.4. Функции XSLT

Если установлена libxslt, доступны следующие функции:

F.45.4.1. xslt_process

```
xslt_process(text document, text stylesheet, text paramlist) returns text
```

Эта функция применяет стиль XSL к документу и возвращает результат преобразования. В `paramlist` передаётся список присвоений значений параметрам, которые будут использоваться в преобразовании, в форме `a=1,b=2`. Учтите, что разбор параметров выполнен очень просто: значения параметров не могут содержать запятые!

Есть также версия `xslt_process` с двумя аргументами, которая не передаёт никакие параметры преобразованию.

F.45.5. Автор

Джон Грей <jgray@azuli.co.uk>

Разработку этого модуля спонсировала компания Torchbox Ltd. (www.torchbox.com). Этот модуль выпускается под той же лицензией BSD, что и PostgreSQL.

Приложение G. Дополнительно поставляемые программы

В этом и предыдущем приложении содержится информация о программах и модулях, которые можно найти в каталоге `contrib` дистрибутива исходного кода PostgreSQL. Обратитесь к Приложению F за дополнительной информацией о секции `contrib` в целом и серверных расширениях и модулях внутри `contrib` в частности.

В этом приложении описываются вспомогательные программы, находящиеся в `contrib`. После установки из исходного кода или двоичного пакета их можно найти в подкаталоге `bin` инсталляции PostgreSQL и использовать как любую другую программу.

G.1. Клиентские приложения

В этом разделе рассматриваются клиентские приложения PostgreSQL, размещённые в `contrib`. Их можно запускать откуда угодно, независимо от того, где находится сервер баз данных. Обратитесь также к Справке: «Клиентские приложения PostgreSQL» за информацией о клиентских приложениях, относящихся к ядру дистрибутива PostgreSQL.

oid2name

oid2name — преобразовать в имена OID и номера файловых узлов в каталоге данных PostgreSQL

Синтаксис

oid2name [*параметр...*]

Описание

oid2name — вспомогательная программа, помогающая администраторам исследовать структуру файлов PostgreSQL. Чтобы использовать её, необходимо понимать структуру базы данных на уровне файлов, описанную в Главе 68.

Примечание

Имя «oid2name» сложилось исторически и на самом деле вводит в заблуждение, так как чаще всего, используя её, вы будете иметь дело с номерами файловых узлов таблиц (эти номера образуют имена файлов в каталоге баз данных). Необходимо понимать, что OID таблиц отличаются от номеров файловых узлов!

Программа oid2name подключается к целевой базе данных и извлекает информацию об OID, файловых узлах и/или именах таблиц. С её помощью можно также просмотреть OID базы данных или табличного пространства.

Параметры

oid2name принимает следующие аргументы командной строки:

-f *файловый_узел*

показать информацию о таблице, к которой относится *файловый_узел*

-i

включить в вывод индексы и последовательности

-o *oid*

показать информацию о таблице с OID, равным *oid*

-q

не выводить заголовки (полезно для скриптов)

-s

показать OID табличных пространств

-S

включить в вывод системные объекты (те, что находятся в схемах `information_schema`, `pg_toast` и `pg_catalog`)

-t *шаблон_имён_таблиц*

показать информацию о таблицах, подпадающих под *шаблон_имён_таблиц*

-V

--version

вывести версию oid2name и завершиться.

-x

вывести дополнительные сведения о каждом показываемом объекте: имя табличного пространства, имя схемы и OID

-?
--help
 вывести справку об аргументах командной строки oid2name и завершиться.

oid2name также принимает в командной строке следующие аргументы, задающие параметры подключения:

-d база_данных
 целевая база данных

-h сервер
 адрес сервера баз данных

-p порт
 порт сервера баз данных

-U имя_пользователя
 имя пользователя для подключения

-P пароль
 пароль (устаревшая возможность — указание пароля в командной строке угрожает безопасности)

Чтобы получить информацию об определённых таблицах, выберите их с аргументом -o, -f и/или -t. Параметр -o принимает OID, -f — файловый узел, а -t — имя таблицы (на самом деле он принимает шаблон LIKE, так что в нём можно задать что-то вроде foo%). Вы можете использовать эти аргументы в любом количестве; в вывод будут включены все объекты, соответствующие любым из этих указаний. Но заметьте, что эти аргументы будут выбирать только объекты в базе данных, заданной ключом -d.

Если аргументы -o, -f и -t отсутствуют, но передаётся -d, будут выведены все таблицы в базе данных с именем, заданным в -d. В этом режиме набором выводимых данных управляют параметры -s и -i.

Если отсутствует и аргумент -d, выводится список OID баз данных. Также можно получить список табличных пространств, передав аргумент -s.

Замечания

Программе oid2name требуется работающий сервер баз данных с исправными системными каталогами. Таким образом, в ситуациях с катастрофическими повреждениями базы данных её использование ограничено.

Примеры

```
$ # Что вообще есть на этом сервере базы данных?
$ oid2name
All databases:
  Oid   Database Name   Tablespace
-----
 17228   alvherre   pg_default
 17255   regression   pg_default
 17227   template0   pg_default
      1   template1   pg_default

$ oid2name -s
All tablespaces:
  Oid   Tablespace Name
-----
 1663   pg_default
```

```
1664      pg_global
155151    fastdisk
155152    bigdisk

$ # Хорошо, давайте взглянем на базу alvherre
$ cd $PGDATA/base/17228

$ # Получим первые 10 объектов базы (отсортированных по размеру) в табличном
  пространстве по умолчанию
$ ls -lS * | head -10
-rw----- 1 alvherre alvherre 136536064 sep 14 09:51 155173
-rw----- 1 alvherre alvherre 17965056 sep 14 09:51 1155291
-rw----- 1 alvherre alvherre 1204224 sep 14 09:51 16717
-rw----- 1 alvherre alvherre 581632 sep 6 17:51 1255
-rw----- 1 alvherre alvherre 237568 sep 14 09:50 16674
-rw----- 1 alvherre alvherre 212992 sep 14 09:51 1249
-rw----- 1 alvherre alvherre 204800 sep 14 09:51 16684
-rw----- 1 alvherre alvherre 196608 sep 14 09:50 16700
-rw----- 1 alvherre alvherre 163840 sep 14 09:50 16699
-rw----- 1 alvherre alvherre 122880 sep 6 17:51 16751

$ # Поинтересуемся, что за файл 155173...
$ oid2name -d alvherre -f 155173
From database "alvherre":
  Filenode  Table Name
-----
    155173      accounts

$ # Можно узнать сразу о нескольких объектах
$ oid2name -d alvherre -f 155173 -f 1155291
From database "alvherre":
  Filenode      Table Name
-----
    155173      accounts
    1155291     accounts_pkey

$ # Можно добавить другие параметры и получить дополнительные подробности с -x
$ oid2name -d alvherre -t accounts -f 1155291 -x
From database "alvherre":
  Filenode      Table Name      Oid  Schema  Tablespace
-----
    155173      accounts      155173  public  pg_default
    1155291     accounts_pkey  1155291  public  pg_default

$ # Вычислить объём, который занимает на диске каждый объект БД
$ du [0-9]* |
> while read SIZE FILENODE
> do
>   echo "$SIZE      `oid2name -q -d alvherre -i -f $FILENODE`"
> done
16      1155287  branches_pkey
16      1155289  tellers_pkey
17561   1155291  accounts_pkey
...

$ # То же самое, но с сортировкой по размеру
$ du [0-9]* | sort -rn | while read SIZE FN
> do
```

```
> echo "$SIZE `oid2name -q -d alvherre -f $FN`"
> done
133466          155173      accounts
17561           1155291     accounts_pkey
1177            16717      pg_proc_proname_args_nsp_index
...

$ # Просмотреть содержимое табличных пространств можно в каталоге pg_tblspc
$ cd $PGDATA/pg_tblspc
$ oid2name -s
All tablespaces:
      Oid      Tablespace Name
-----
      1663      pg_default
      1664      pg_global
     155151      fastdisk
     155152      bigdisk

$ # Объекты каких баз данных находятся в табличном пространстве "fastdisk"?
$ ls -d 155151/*
155151/17228/  155151/PG_VERSION

$ # И что это за база данных 17228?
$ oid2name
All databases:
      Oid      Database Name      Tablespace
-----
     17228      alvherre      pg_default
     17255      regression      pg_default
     17227      template0      pg_default
           1      template1      pg_default

$ # Давайте посмотрим, какие объекты этой базы содержатся в данном табличном
пространстве.
$ cd 155151/17228
$ ls -l
total 0
-rw-----  1 postgres postgres 0 sep 13 23:20 155156

$ # Мда, таблица невелика... и что это за таблица?
$ oid2name -d alvherre -f 155156
From database "alvherre":
      Filenode      Table Name
-----
      155156          foo
```

Автор

Б. Палмер <bpalmer@crimelabs.net>

vacuumlo

vacuumlo — удалить потерянные большие объекты из базы данных PostgreSQL

Синтаксис

```
vacuumlo [параметр...] имя_бд...
```

Описание

Программа vacuumlo представляет собой простую утилиту, которая удаляет все «потерянные» большие объекты из базы данных PostgreSQL. Потерянным большим объектом (БО) считается такой БО, OID которого не фигурирует ни в каком столбце oid или lo в базе данных.

Если вы применяете эту утилиту, вас также может заинтересовать триггер lo_manage в модуле lo. Триггер lo_manage полезен тем, что стремится предотвратить образование потерянных БО.

Обработке подвергаются все базы данных, перечисленные в командной строке.

Параметры

vacuumlo принимает следующие аргументы командной строки:

-l *предел*

Удалять в одной транзакции ограниченное количество больших объектов (максимальное количество задаёт *предел*, по умолчанию 1000). Так как сервер запрашивает блокировку для каждого удаляемого БО, удаление слишком большого количества БО в одной транзакции чревато превышением лимита max_locks_per_transaction. Если вы всё же хотите, чтобы все удаления происходили в одной транзакции, установите этот предел, равным нулю.

-n

Не удалять ничего, только показать, какие операции должны были выполняться.

-v

Выводить подробные сообщения о прогрессе.

-V

--version

Вывести версию vacuumlo и завершиться.

-?

--help

Вывести справку об аргументах командной строки vacuumlo и завершиться.

vacuumlo также принимает в командной строке следующие аргументы, задающие параметры подключения:

-h *компьютер*

Адрес сервера баз данных.

-p *порт*

Порт сервера баз данных.

-U *имя_пользователя*

Имя пользователя, под которым производится подключение.

`-w`
`--no-password`

Не выдавать запрос на ввод пароля. Если сервер требует аутентификацию по паролю и пароль не доступен с помощью других средств, таких как файл `.pgpass`, попытка соединения не удастся. Этот параметр может быть полезен в пакетных заданиях и скриптах, где нет пользователя, который вводит пароль.

`-W`

Принудительно запрашивать пароль перед подключением к базе данных.

Это несущественный параметр, так как `vacuumlo` запрашивает пароль автоматически, если сервер проверяет подлинность по паролю. Однако, чтобы понять это, `vacuumlo` лишний раз подключается к серверу. Поэтому иногда имеет смысл ввести `-W`, чтобы исключить эту ненужную попытку подключения.

Замечания

Программа `vacuumlo` работает следующим образом: сначала `vacuumlo` строит временную таблицу, содержащую все OID больших объектов в выбранной базе данных. Затем она сканирует все столбцы в базе данных, имеющие тип `oid` или `lo`, и удаляет соответствующие записи из временной таблицы. (Замечание: рассматриваются только типы именно с такими именами, а не, например, домены на их базе.) Оставшиеся записи во временной таблице указывают на потерянные БО, которые затем и удаляются.

Автор

Питер Маунт <peter@retap.org.uk>

G.2. Серверные приложения

В этом разделе рассматриваются приложения, связанные с функциональностью сервера PostgreSQL и размещённые в `contrib`. Они обычно запускаются в той же системе, где работает сервер баз данных. Обратитесь также к Справке: «Серверные приложения PostgreSQL» за информацией о серверных приложениях, относящихся к ядру дистрибутива PostgreSQL.

pg_standby

pg_standby — поддерживает создание сервера тёплого резерва PostgreSQL

Синтаксис

```
pg_standby [параметр...] расположение_архива следующий_файл_wal каталог_wal [файл_перезапуска_wal]
```

Описание

Программа pg_standby поддерживает создание сервера в режиме «тёплого резерва». Она предназначена как для непосредственного применения в производственной среде, так и для использования в качестве настраиваемой заготовки, когда требуются специальные модификации.

pg_standby ожидает выполнения команды `restore_command`, которая, в свою очередь, нужна для перехода от стандартного восстановления архива к режиму тёплого резерва. Для этого также требуется другая настройка, которая описывается в основном руководстве сервера (см. Раздел 26.2).

Чтобы настроить резервный сервер на использование pg_standby, поместите эту строку в файл конфигурации `recovery.conf`:

```
restore_command = 'pg_standby каталог_архива %f %p %r'
```

Здесь *каталог_архива* — каталог, из которого должны восстанавливаться сегменты WAL.

Если указывается *файл_перезапуска_wal*, обычно с помощью макроса `%r`, тогда все файлы WAL, предшествующие указанному, будут удалены из каталога *расположение_архива*. Это позволяет сократить число сохраняемых файлов без потери возможности восстановления при перезапуске. Такой вариант использования уместен, когда *расположение_архива* указывает на область рабочих файлов конкретного резервного сервера, но не когда *расположение_архива* — каталог с архивом WAL для долговременного хранения.

pg_standby рассчитывает на то, что *расположение_архива* доступно для чтения пользователю, владеющему серверным процессом. Если указывается *файл_перезапуска_wal* (или `-k`), каталог *расположение_архива* должен быть также доступен для записи.

При отказе ведущего сервера переключение на сервер «тёплого резерва» возможно двумя способами:

Умное переключение

При умном переключении сервер включается в работу, применив изменения из всех файлов WAL, имеющихся в архиве. В результате никакие данные не теряются, даже если данный резервный сервер отстал, но если применить нужно большое количество изменений WAL, подготовка к работе может быть длительной. Чтобы вызвать умное переключение, создайте файл-триггер, содержащий слово `smart`, либо просто пустой файл.

Быстрое переключение

При быстром переключении сервер включается в работу немедленно. Все ещё не применённые файлы WAL в архиве будут игнорироваться и все транзакции в этих файлах будут потеряны. Чтобы вызвать быстрое переключение, создайте файл-триггер и запишите в него слово `fast`. Программу pg_standby можно также настроить так, чтобы быстрое переключение происходило автоматически, если за определённое время не появляется новый файл WAL.

Параметры

pg_standby принимает следующие аргументы командной строки:

-c

Применять для восстановления файлов WAL из архива команду `sr` или `sor`. На данный момент поддерживается только это поведение, так что этот параметр бесполезен.

-d

Выводить подробные отладочные сообщения в `stderr`.

-k

Удалить файлы из каталога *расположение_архива*, чтобы в нём осталось не больше заданного числа файлов WAL, предшествующих текущему. Ноль (по умолчанию) означает, что не нужно удалять никакие файлы из каталога *расположение_архива*. Этот параметр будет просто игнорироваться, если указан *файл_перезапуска_wal*, так как этот метод более точно определяет правильную точку отсечения архива. Этот параметр считается *устаревшим* с PostgreSQL 8.3; надёжнее и эффективнее использовать параметр *файл_перезапуска_wal*. При слишком маленьком значении данного параметра могут быть удалены файлы, требующиеся для перезапуска резервного сервера, тогда как при слишком большом будет неэффективно расходоваться место в архиве.

-r *макс_повторов*

Устанавливает, сколько раз максимум нужно повторять команду `sor` в случае ошибки (по умолчанию 3). После каждой ошибки программа приостанавливается на *время_задержки* * *число_повторов*, так что время ожидания постепенно увеличивается. По умолчанию она ждёт 5, 10, затем 15 секунд, и только потом сообщает резервному серверу об ошибке. Это событие будет воспринято как завершение восстановления, и в результате резервный сервер полностью включится в работу.

-s *время_задержки*

Задаёт количество секунд (до 60, по умолчанию 5) для паузы между проверками наличия файла WAL в архиве. Значение по умолчанию не обязательно наилучшее; за подробностями обратитесь к Разделу 26.2.

-t *файл_триггер*

Указывает файл-триггер, при появлении которого должна начаться отработка отказа. Имя этого файла рекомендуется выбирать по определённой схеме, позволяющей однозначно понять, для какого сервера вызывается отработка отказа, когда таких серверов в одной системе несколько; например, `/tmp/pgsql.trigger.5432`.

-V

--version

Вывести версию `pg_standby` и завершиться.

-w *макс_время_ожидания*

Задаёт максимальное время ожидания (в секундах) следующего файла WAL, по истечении которого будет произведено быстрое переключение. При нуле (значении по умолчанию) ожидание бесконечно. Значение по умолчанию не обязательно наилучшее; за подробностями обратитесь к Разделу 26.2.

-?

--help

Вывести справку об аргументах командной строки `pg_standby` и завершиться.

Замечания

Программа `pg_standby` предназначена для работы с PostgreSQL 8.2 и новее.

С PostgreSQL, начиная с 8.3, можно использовать макрос %r, который позволяет pg_standby узнать, какой последний файл нужно сохранять. Для PostgreSQL 8.2, если требуется очищать архив, нужно применять параметр -k. Этот параметр сохранился и после 8.3, но теперь он считается устаревшим.

PostgreSQL, начиная с 8.4, поддерживает параметр recovery_end_command. В нём можно задать команду, удаляющую файл-триггер во избежание ошибок.

Программа pg_standby написана на C; её исходный код легко поддаётся модификации (он содержит секции, предназначенные для изменения при надобности)

Примеры

В системах Linux или Unix можно использовать команды:

```
archive_command = 'cp %p .../archive/%f'
```

```
restore_command = 'pg_standby -d -s 2 -t /tmp/pgsql.trigger.5442 .../archive %f %p %r  
2>>standby.log'
```

```
recovery_end_command = 'rm -f /tmp/pgsql.trigger.5442'
```

Предполагается, что каталог архива физически располагается на резервном сервере, так что команда archive_command обращается к нему по NFS, но для резервного сервера эти файлы локальные (для этого применяется ln). Эти команды будут:

- выводить отладочную информацию в standby.log
- ждать 2 секунды между проверками появления следующего файла WAL
- прекращать ожидание, только когда появляется файл-триггер с именем /tmp/pgsql.trigger.5442, и выполнить переключение согласно его содержимому
- удалять файл-триггер по завершении восстановления
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

В Windows можно использовать такие команды:

```
archive_command = 'copy %p ...\\archive\\%f'
```

```
restore_command = 'pg_standby -d -s 5 -t C:\pgsql.trigger.5442 ...\\archive %f %p %r  
2>>standby.log'
```

```
recovery_end_command = 'del C:\pgsql.trigger.5442'
```

Заметьте, что обратную косую черту нужно дублировать в archive_command, но не в restore_command или recovery_end_command. Эти команды будут:

- применять команду copy для восстановления файлов WAL из архива
- выводить отладочную информацию в standby.log
- ждать 5 секунд между проверками появления следующего файла WAL
- прекращать ожидание, только когда появляется файл-триггер с именем C:\pgsql.trigger.5442, и выполнить переключение согласно его содержимому
- удалять файл-триггер по завершении восстановления
- удалять ставшие ненужными файлы из каталога архива

Команда copy в Windows устанавливает окончательный размер файла до того, как файл будет окончательно скопирован, что обычно сбивает с толку pg_standby. Поэтому pg_standby ждёт *времени задержки* после того, как увидит подходящий размер файла. Команда cp из GNUWin32 устанавливает размер файла, только когда завершает копирование.

Так как в примере для Windows с обеих сторон применяется `copy`, любой или оба этих сервера могут обращаться к каталогу архива по сети.

Автор

Саймон Риггс <simon@2ndquadrant.com>

См. также

`pg_archivecleanup`

Приложение Н. Внешние проекты

PostgreSQL — сложный программный проект, управлять которым довольно непросто. Поэтому мы пришли к заключению, что многие дополнения и усовершенствования PostgreSQL будет эффективнее разрабатывать отдельно от основного проекта.

Н.1. Клиентские интерфейсы

В базовый дистрибутив PostgreSQL включены только два клиентских интерфейса:

- `libpq` включён, потому что это основной интерфейс языка C и многие другие клиентские интерфейсы построены на основе него.
- `ECPG` включён, потому что он зависит от грамматики языка SQL на стороне сервера, и таким образом, очень чувствителен к изменениям в самом PostgreSQL.

Все остальные языковые интерфейсы разрабатываются в отдельных проектах и распространяются отдельно. Некоторые из этих проектов перечислены в Таблице Н.1. Заметьте, что какие-то проекты могут выпускаться под лицензией, отличной от лицензии PostgreSQL. За дополнительной информацией о каждом языковом интерфейсе, включая условия лицензии, обратитесь к его сайту и документации.

Таблица Н.1. Отдельно поддерживаемые клиентские интерфейсы

Название	Язык	Комментарии	Сайт
DBD::Pg	Perl	DBI-драйвер для Perl	https://metacpan.org/release/DBD-Pg
JDBC	Java	JDBC-драйвер типа 4	https://jdbc.postgresql.org/
libpqxx	C++	Интерфейс C++	http://pqxx.org/
node-postgres	JavaScript	Драйвер Node.js	https://node-postgres.com/
Npgsql	.NET	Провайдер данных для .NET	http://www.npgsql.org/
pgtcl	Tcl		https://github.com/flightaware/Pgtcl
pgtclng	Tcl		https://sourceforge.net/projects/pgtclng/
pq	Go	Драйвер на Go для интерфейса database/sql	https://github.com/lib/pq
psqlODBC	ODBC	ODBC-драйвер	https://odbc.postgresql.org/
psycopg	Python	Интерфейс, совместимый с DB API 2.0	http://initd.org/psycopg/

Н.2. Средства администрирования

Для PostgreSQL выпускаются различные инструменты администрирования. Наиболее популярен из них *pgAdmin*, но есть и ряд других, в том числе коммерческих решений.

Н.3. Процедурные языки

Базовый дистрибутив PostgreSQL включает несколько процедурных языков: PL/pgSQL, PL/Tcl, PL/Perl и PL/Python.

Кроме того, вне основного дистрибутива PostgreSQL разрабатываются и поддерживаются несколько процедурных языков. Проекты некоторых из этих языков перечислены в Таблице Н.2. Заметьте, что какие-то проекты могут выпускаться под лицензией, отличной от лицензии PostgreSQL. За дополнительной информацией о каждом процедурном языке, включая условия лицензии, обратитесь к его сайту и документации.

Таблица Н.2. Поддерживаемые отдельно процедурные языки

Название	Язык	Сайт
PL/Java	Java	https://tada.github.io/pljava/
PL/Lua	Lua	https://github.com/pllua/pllua
PL/R	R	http://www.joeconway.com/plr.html
PL/sh	Оболочка Unix	https://github.com/petere/plsh
PL/v8	JavaScript	https://github.com/plv8/plv8

Н.4. Расширения

PostgreSQL проектируется так, чтобы его можно было легко расширять. Как результат, расширения, загружаемые в базу данных, могут функционировать в точности так же, как и встроенные функции. Каталог `contrib/`, включённый в дерево исходного кода, содержит несколько расширений, описанных в Приложении F. Другие расширения разрабатываются независимо, как например, *PostGIS*. PostgreSQL позволяет разрабатывать независимо даже решения по репликации. Например, *Slony-I* — популярное средство репликации по схеме главный/резервный, разрабатываемое отдельно от основного проекта.

Приложение I. Репозиторий исходного кода

Исходный код PostgreSQL хранится и управляется системой управления версиями Git. В Интернете доступно открытое зеркало главного репозитория, которое обновляется в течение минуты после изменения в главном репозитории.

Работа с Git описывается в нашей вики, на странице https://wiki.postgresql.org/wiki/Working_with_Git.

Заметьте, что для сборки PostgreSQL из репозитория исходного кода требуются достаточно современные версии программ bison, flex и Perl. Эти программы не требуются для сборки из дистрибутивного архива, так как в этот архив уже включены файлы, создаваемые указанными программами. Остальные требования к программному обеспечению не отличаются от описанных в Разделе 16.2.

I.1. Получение исходного кода из Git

С Git вы получаете на своём компьютере копию всего репозитория кода, так что вы будете иметь автономный доступ ко всем ветвям и истории разработки. Это позволяет максимально быстро и гибко разрабатывать или тестировать правки кода.

Git

1. Вам потребуется установленная версия Git (её можно получить, обратившись к сайту <https://git-scm.com>). Во многих системах последняя версия Git устанавливается по умолчанию, либо имеется в системе распространения пакетов.
2. Чтобы начать работу с репозиторием Git, сделайте копию официального зеркала:

```
git clone https://git.postgresql.org/git/postgresql.git
```

При этом на ваш компьютер будет скопирован весь репозиторий, так что это может занять некоторое время, особенно при медленном подключении к Интернету. Загруженные файлы будут помещены в новый подкаталог `postgresql` внутри текущего каталога.

К зеркалу Git также можно обратиться по протоколу Git. Просто смените префикс в адресе на `git`:

```
git clone git://git.postgresql.org/git/postgresql.git
```

3. Когда вы захотите получить последние обновления, перейдите в каталог репозитория (выполнив `cd`) и запустите:

```
git fetch
```

Git может гораздо больше, нежели просто получить исходный код. За дополнительными сведениями обратитесь к страницам руководства `man Git` или к сайту <https://git-scm.com>.

Приложение J. Документация

Документация PostgreSQL публикуется в четырёх основных форматах:

- Простой текст, для информации перед установкой
- HTML, для справки, поиска и просмотра в Интернете
- PDF, для печати
- Страницы руководства man, для быстрой справки.

Кроме того, в дереве исходного кода PostgreSQL можно найти несколько простых текстовых файлов README, освещающих различные вопросы реализации.

Документация в HTML и страницы man входят в состав стандартного дистрибутива и устанавливаются по умолчанию. Документацию в формате PDF можно загрузить отдельно.

J.1. DocBook

Исходный материал документации создаётся в *DocBook*, языке разметки на базе XML. Далее термины DocBook и XML используются как синонимы, но технически они обозначают не одно и то же.

Формат DocBook позволяет авторам определять структуру и содержимое технического документа, не заботясь о деталях представления. Как это содержимое будет представлено в различных конечных формах, определяет стиль документа. DocBook поддерживается группой OASIS. На официальном сайте DocBook имеется хорошая вводная и справочная документация, а также полная книга издательства О'Рейли для чтения в электронном виде. Новичкам будет очень полезно руководство *NewbieDoc Docbook Guide*. Кроме того, в *Проекте документации FreeBSD* (FreeBSD Documentation Project) так же применяется формат DocBook и даются полезные сведения, включая ряд замечаний по стилю, которые стоит принять во внимание.

J.2. Инструментарий

Для обработки документации применяются следующие средства. Некоторые из них могут быть необязательными, как отмечено ниже.

DTD для DocBook

Это полное определение самого формата DocBook. В настоящее время мы применяем версию 4.2; более ранняя или более поздняя версия не подойдёт. Использовать нужно XML-вариацию определения DocBook DTD (не SGML).

Таблицы стилей DocBook XSL

Они содержат инструкции обработки для преобразования исходных материалов DocBook в другие форматы, например, в HTML.

На данный момент требуется версия как минимум 1.77.0, но для лучшего результата рекомендуется использовать последнюю доступную версию.

Libxml2 для xmllint

Эта библиотека и включённая в неё утилита `xmllint` применяются для обработки XML. У многих разработчиков библиотека Libxml2 уже установлена, потому что она также используется при сборке кода PostgreSQL. Заметьте, однако, что `xmllint` может потребоваться установить из отдельного пакета.

Libxslt для xsltproc

`xsltproc` — процессор XSLT, то есть программа, преобразующая XML в другие форматы с применением таблиц стилей XSLT.

FOP

Это программа для преобразования, в том числе и XML в PDF.

Ниже мы опишем различные варианты установки программного обеспечения, необходимого для обработки документации. Эти программы могут распространяться и в других пакетах. Пожалуйста, сообщите о состоянии конкретного пакета в список рассылки, посвящённый документации, и мы добавим эту информацию сюда.

Вы можете обойтись без локальной установки файлов DocBook XML и таблиц стилей DocBook XSLT, так как необходимые файлы будут загружены из Интернета и помещены в локальный кеш. Этот вариант на самом деле может быть предпочтительным, если в пакетах вашей операционной системы предоставляются только старые версии файлов (особенно стилей) или если таких пакетов нет вовсе. Дополнительную информацию вы можете получить, ознакомившись с параметром `--nonet` программ `xmllint` и `xsltproc`.

J.2.1. Установка в Fedora, RHEL и производных системах

Чтобы установить требуемые пакеты, выполните:

```
yum install docbook-dtds docbook-style-xsl fop libxslt
```

J.2.2. Установка во FreeBSD

Чтобы установить требуемые пакеты, используя `pkg`, выполните:

```
pkg install docbook-xml docbook-xsl fop libxslt
```

Собирая документацию из каталога `doc`, вы должны применять `gmake`, так как существующий `Makefile` не подходит для `make`, имеющегося во FreeBSD.

J.2.3. Пакеты Debian

Для Debian GNU/Linux имеется полный набор пакетов инструментария сборки документации. Чтобы установить их, просто выполните:

```
apt-get install docbook-xml docbook-xsl fop libxml2-utils xsltproc
```

J.2.4. macOS

В macOS вы можете сформировать документацию в форматах HTML и man, не устанавливая ничего дополнительно. Если вы хотите сформировать PDF или установить локальную копию DocBook, всё необходимое для этого можно получить с помощью менеджера пакетов.

Если вы используете систему MacPorts, вы можете получить всё необходимое так:

```
sudo port install docbook-xml-4.2 docbook-xsl fop
```

Если вы используете Homebrew, выполните:

```
brew install docbook docbook-xsl fop
```

J.2.5. Проверка условий configure

Прежде чем вы сможете собрать документацию, вы должны запустить скрипт `configure` так же, как это нужно сделать для сборки программной части PostgreSQL. Обратите внимание на сообщения, выводимые ближе к концу. Вы должны увидеть примерно следующее:

```
checking for xmllint... xmllint
checking for DocBook XML V4.2... yes
checking for dbtoepub... dbtoepub
checking for xsltproc... xsltproc
checking for fop... fop
```

Если `xmllint` не будет обнаружен, часть следующих тестов будет пропущена.

J.3. Сборка документации

Завершив все подготовительные действия, перейдите в каталог `doc/src/sgml` и запустите одну из команд сборки, описанных в следующих подразделах. (Помните, что для сборки нужно использовать GNU make.)

J.3.1. HTML

Чтобы собрать HTML-версию документации:

```
doc/src/sgml$ make html
```

Эта цель сборки также выбирается по умолчанию. Результат помещается в подкаталог `html`.

Чтобы получить HTML-документацию со стилем оформления, используемым на сайте *postgresql.org*, вместо простого стандартного стиля, выполните:

```
doc/src/sgml$ make STYLE=website html
```

J.3.2. Страницы man

Для преобразования страниц DocBook `refentry` в формат `*roff`, подходящий для страниц `man`, мы используем стили DocBook XSL. Чтобы создать страницы `man`, выполните команду:

```
doc/src/sgml$ make man
```

J.3.3. PDF

Чтобы получить документацию в формате PDF, используя FOP, выполните одну из следующих команд, в зависимости от предпочитаемого размера бумаги:

- Для формата A4:

```
doc/src/sgml$ make postgres-A4.pdf
```

- Для формата U.S. letter:

```
doc/src/sgml$ make postgres-US.pdf
```

Так как документация PostgreSQL весьма объёмна, процессору FOP для её обработки требуется много памяти. Поэтому в некоторых системах сборка может прерваться ошибкой, связанной с памятью. Обычно это можно исправить, увеличив объём области кучи Java в файле конфигурации `~/.foprc`, например:

```
# Бинарный пакет FOP
FOP_OPTS='-Xmx1500m'
# Debian
JAVA_ARGS='-Xmx1500m'
# Red Hat
ADDITIONAL_FLAGS='-Xmx1500m'
```

Некоторый объём памяти является минимально необходимым, а если задать больший объём, возможно даже некоторое ускорение сборки. В системах с очень маленьким объёмом памяти (меньше 1 ГБ) сборка либо будет слишком медленной из-за подкачки, либо вообще не будет осуществляться.

Также можно воспользоваться другими процессорами XSL-FO, запуская их вручную, но автоматическая процедура сборки поддерживает только FOP.

J.3.4. Простые текстовые файлы

Инструкции по установке также распространяются в виде обычного текста, на случай, если они понадобятся в ситуации, когда под рукой не окажется средств просмотра более удобного формата. Файл `INSTALL` соответствует Главе 16, с небольшими изменениями, внесёнными с учётом дру-

гого контекста. Чтобы пересоздать этот файл, перейдите в каталог `doc/src/sgml` и введите **make INSTALL**.

В прошлом примечания к выпуску и инструкции по регрессионному тестированию также распространялись в виде простых текстовых файлов, но эта практика была прекращена.

J.3.5. Проверка синтаксиса

Сборка всей документации может занять много времени. Но если нужно проверить только синтаксис файлов документации, это можно сделать всего за несколько секунд:

```
doc/src/sgml$ make check
```

J.4. Написание документации

Для редактирования исходных файлов документации удобнее всего использовать редактор с режимом редактирования XML, особенно если он также поддерживает языки схем XML, в частности синтаксис DocBook.

Заметьте, что по историческим причинам исходные файлы документации имеют расширение `.sgml`, хотя сейчас в них используется синтаксис XML. В связи с этим может потребоваться изменить параметры редактора при выборе подходящего режима.

J.4.1. Emacs

Для редактирования документов XML в Emacs наиболее популярным режимом является `nXML`. Он позволяет вставлять теги и проверять корректность разметки, а также имеет встроенную поддержку DocBook. Подробную документацию вы можете найти в *руководстве nXML*.

Рекомендованные параметры для данного режима можно посмотреть в `src/tools/editors/emacs.samples`.

J.5. Руководство по стилю

J.5.1. Справочные страницы

Справочные страницы должны следовать единой структуре. Это позволит пользователям быстрее находить нужную информацию и также подталкивает авторов к описанию всех аспектов команды. При этом важна согласованность не только справочных страниц PostgreSQL между собой, но также и со справочными страницами, предоставляемыми операционной системой и другим пакетами. В соответствии с этими требованиями и были разработаны следующие рекомендации. По большей части они соответствуют рекомендациям, сопровождающим документацию различных операционных систем.

Справочные страницы, описывающие исполняемые команды, должны содержать следующие разделы, в указанном порядке. Разделы, неуместные для данной команды, могут опускаться. Дополнительные разделы верхнего уровня могут использоваться только в особых случаях; часто эта информация помещается в раздел «Использование».

Название

Этот раздел генерируется автоматически. Он содержит имя команды и краткое (в полпредложения) описание её функциональности.

Синтаксис

В этом разделе представляется синтаксическая диаграмма команды. Обычно в нём не указываются все аргументы командной строки, они перечисляются ниже. Вместо этого, здесь обозначаются основные компоненты командной строки, например, входные и выходные файлы.

Описание

Состоящее из нескольких абзацев описание действия команды.

Параметры

Список всех аргументов командной строки с описанием. Если аргументов очень много, их можно разделить на подразделы.

Код завершения

Если программа возвращает 0 в случае успеха и ненулевое значение при ошибке, описывать это не нужно. Если же различные ненулевые коды возврата имеют определённые значения, опишите их в этом разделе.

Использование

В этом разделе описывается встроенный язык или внутренний интерфейс программы. Если программа неинтерактивная, этот раздел обычно можно опустить. В противном случае он может включать всеобъемлющее описание возможностей времени выполнения. Если это уместно, в нём можно использовать подразделы.

Переменные окружения

Список всех переменных окружения, которые может использовать эта программа. Постарайтесь сделать его полным — даже кажущиеся очевидными переменные вроде `SHELL` могут быть интересны пользователю.

Файлы

Список всех файлов, к которым программа может обращаться неявно. То есть, здесь нужно перечислять не входные и выходные файлы, передаваемые в командной строке, а файлы конфигурации и т. п.

Диагностика

В этом разделе можно объяснить необычные сообщения, которые может выдавать программа. Воздержитесь от разъяснения вообще всех сообщений об ошибках. Это потребует больших усилий, но принесёт мало практической пользы. Но если, скажем, сообщения об ошибках имеют определённый формат, который может быть разобран, об этом можно рассказать здесь.

Замечания

Всё, что не подходит для других разделов, но особенно описание ошибок, недостатков реализации, соображения безопасности и вопросы совместимости.

Примеры

Примеры

История

Если в истории программы были значительные вехи, о них можно рассказать здесь. Обычно этот раздел можно опустить.

Автор

Автор (используется только в разделе внешних разработок (contrib))

См. также

Перекрёстные ссылки, перечисленные в следующем порядке: справочные страницы других команд PostgreSQL, справочные страницы SQL-команд PostgreSQL, цитаты из руководств PostgreSQL, другие справочные страницы (например, относящиеся к операционной системе и другим пакетам), другая документация. Пункты внутри одной группы перечисляются в алфавитном порядке.

Справочные страницы, описывающие команды SQL, должны содержать следующие разделы: Название, Синтаксис, Описание, Параметры, Результаты, Замечания, Примеры, Совместимость, Ис-

тория, См. также. Раздел «Параметры» похож на раздел «Аргументы» в описании исполняемых команд, но в нём можно выбирать, какие именно предложения команды описывать. Раздел «Результаты» может потребоваться, только если команда возвращает результат, отличный от стандартного тега завершения команды. В разделе «Совместимость» следует отметить, в какой степени описываемая команда соответствует стандарту SQL, или с какими другими СУБД она совместима. В разделе «См. также» следует привести ссылки на связанные команды SQL (до ссылок на команды).

Приложение К. Сокращения

Ниже перечислены сокращения, часто используемые в документации PostgreSQL, и в обсуждениях, связанных с PostgreSQL.

ANSI

American National Standards Institute, Американский национальный институт стандартов

API

Application Programming Interface, Интерфейс программирования приложений

ASCII

American Standard Code for Information Interchange, Американский стандартный код для обмена информацией

BKI

Backend Interface, Внутренний интерфейс

CA

Certificate Authority, Центр сертификации

CIDR

Classless Inter-Domain Routing, Бесклассовая междоменная маршрутизация

CPAN

Comprehensive Perl Archive Network, Всеобъемлющая сеть архивов Perl

CRL

Certificate Revocation List, Список отозванных сертификатов

CSV

Comma Separated Values, Значения, разделённые запятыми

CTE

Common Table Expression, Общее табличное выражение

CVE

Common Vulnerabilities and Exposures, Общие уязвимости и риски

DBA

Database Administrator, Администратор баз данных

DBI

Database Interface (Perl), Интерфейс баз данных (Perl)

DBMS

Database Management System, Система управления базами данных

DDL

Data Definition Language, Язык описания данных, включающий такие команды SQL, как CREATE TABLE, ALTER USER

DML

Data Manipulation Language, Язык обработки данных, включающий такие SQL-команды, как INSERT, UPDATE, DELETE

DST

Daylight Saving Time, Летнее время

ECPG

Embedded C for PostgreSQL, Встроенный C для PostgreSQL

ESQL

Embedded SQL, Встраиваемый SQL

FAQ

Frequently Asked Questions, Часто задаваемые вопросы

FSM

Free Space Map, Карта свободного пространства

GEQO

Genetic Query Optimizer, Генетический оптимизатор запросов

GIN

Generalized Inverted Index, Обобщённый инвертированный индекс

GiST

Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска

Git

Git

GMT

Greenwich Mean Time, Среднее время по Гринвичу

GSSAPI

Generic Security Services Application Programming Interface, Универсальный интерфейс программирования приложений служб безопасности

GUC

Grand Unified Configuration, Главная унифицированная конфигурация, подсистема PostgreSQL, управляющая конфигурацией сервера

HBA

Host-Based Authentication, Аутентификация по сетевым узлам

HOT

Heap-Only Tuples, «Кортежи только в куче»

IEC

International Electrotechnical Commission, Международная электротехническая комиссия

IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Институт инженеров по электротехнике и электронике

IPC

Inter-Process Communication, Межпроцессное взаимодействие

ISO

International Organization for Standardization, Международная организация по стандартизации

ISSN

International Standard Serial Number, Международный стандартный серийный номер

JDBC

Java Database Connectivity, Соединение с базами данных на Java

JIT

Just-in-Time compilation, JIT-компиляция

JSON

JavaScript Object Notation, Представление объектов в JavaScript

LDAP

Lightweight Directory Access Protocol, Облегчённый протокол доступа к каталогам

LSN

Log Sequence Number, Последовательный номер в журнале; см. `pg_lsn` и Внутреннее устройство WAL.

MSVC

Microsoft Visual C

MVCC

Multi-Version Concurrency Control, Многоверсионное управление конкурентным доступом

NLS

National Language Support, Поддержка национальных языков

ODBC

Open Database Connectivity, Открытое соединение с базами данных

OID

Object Identifier, Идентификатор объекта

OLAP

Online Analytical Processing, Непосредственная аналитическая обработка

OLTP

Online Transaction Processing, Непосредственная транзакционная обработка

ORDBMS

Object-Relational Database Management System, Объектно-реляционная система управления базами данных

PAM

Pluggable Authentication Modules, Подключаемые модули аутентификации

PGSQL

PostgreSQL

PGXS

PostgreSQL Extension System, Система расширений PostgreSQL

PID

Process Identifier, Идентификатор процесса

PITR

Point-In-Time Recovery, Восстановление на момент времени (Непрерывное архивирование)

PL

Procedural Languages, Процедурные языки (на стороне сервера)

POSIX

Portable Operating System Interface, Переносимый интерфейс операционных систем

RDBMS

Relational Database Management System, Реляционная система управления базами данных

RFC

Request For Comments, Рабочее предложение

SGML

Standard Generalized Markup Language, Стандартный обобщённый язык разметки

SPI

Server Programming Interface, Интерфейс программирования сервера

SP-GiST

Space-Partitioned Generalized Search Tree, Обобщённое дерево поиска с разбиением пространства

SQL

Structured Query Language, Язык структурированных запросов

SRF

Set-Returning Function, Функция, возвращающая множество

SSH

Secure Shell, Защищённая оболочка

SSL

Secure Sockets Layer, Уровень защищённых сокетов

SSPI

Security Support Provider Interface, Интерфейс поставщика поддержки безопасности

SYSV

Unix System V

TCP/IP

Transmission Control Protocol (TCP) / Internet Protocol (IP), Протокол управления передачей/Межсетевой протокол

TID

Tuple Identifier, Идентификатор кортежа

TOAST

The Oversized-Attribute Storage Technique, Методика хранения сверхбольших атрибутов

TPC

Transaction Processing Performance Council, Совет по оценке производительности обработки транзакций

URL

Uniform Resource Locator, Универсальный указатель ресурса

UTC

Coordinated Universal Time, Универсальное координированное время

UTF

Unicode Transformation Format, Формат преобразования Unicode

UTF8

Eight-Bit Unicode Transformation Format, Восьмибитный формат преобразования Unicode

UUID

Universally Unique Identifier, Универсальный уникальный идентификатор

WAL

Write-Ahead Log, Журнал предзаписи

XID

Transaction Identifier, Идентификатор транзакции

XML

Extensible Markup Language, Расширяемый язык разметки

Библиография

Здесь представлены ссылки на справочные материалы и книги, посвящённые SQL и PostgreSQL.

Некоторые статьи и технические описания, написанные первой командой разработки POSTGRES, можно найти на *сайте* факультета компьютерных наук Калифорнийского университета в Беркли.

Справочники по языку SQL

[bowman01] *The Practical SQL Handbook*. Using SQL Variants. Fourth Edition. Judith Bowman, Sandra Emerson, Marcy Darnovsky. ISBN 0-201-70309-2. Addison-Wesley Professional. 2001.

[date97] *A Guide to the SQL Standard*. A user's guide to the standard database language SQL. Fourth Edition. C. J. Date Hugh Darwen. ISBN 0-201-96426-0. Addison-Wesley. 1997.

[date04] *An Introduction to Database Systems*. Eighth Edition. C. J. Date. ISBN 0-321-19784-4. Addison-Wesley. 2003.

[elma04] *Fundamentals of Database Systems*. Fourth Edition. Ramez Elmasri Shamkant Navathe. ISBN 0-321-12226-7. Addison-Wesley. 2003.

[melt93] *Understanding the New SQL*. A complete guide. Jim Melton Alan R. Simon. ISBN 1-55860-245-3. Morgan Kaufmann. 1993.

[ull88] *Principles of Database and Knowledge*. Base Systems. Jeffrey D. Ullman. Volume 1. Computer Science Press. 1988.

Документация, посвящённая PostgreSQL

[sim98] *Enhancement of the ANSI SQL Implementation of PostgreSQL*. Stefan Simkovic. Department of Information Systems, Vienna University of Technology. Vienna, Austria. November 29, 1998.

[yu95] *The Postgres95. User Manual*. A. Yu J. Chen. University of California. Berkeley, California. Sept. 5, 1995.

[fong] *The design and implementation of the POSTGRES query optimizer*. Zelaine Fong. University of California, Berkeley, Computer Science Department.

Заметки и статьи

[olson93] *Partial indexing in POSTGRES: research project*. Nels Olson. UCB Engin T7.49.1993 O676. University of California. Berkeley, California. 1993.

[ong90] «A Unified Framework for Version Modeling Using Production Rules in a Database System». L. Ong J. Goh. *ERL Technical Memorandum M90/33*. University of California. Berkeley, California. April, 1990.

[rowe87] «The POSTGRES data model». L. Rowe M. Stonebraker. VLDB Conference, Sept. 1987.

[seshadri95] «Generalized Partial Indexes». P. Seshadri A. Swami. Eleventh International Conference on Data Engineering, 6-10 March 1995. Cat. No.95CH35724. IEEE Computer Society Press. Los Alamitos, California. 1995. 420-7.

[ston86] «The design of POSTGRES». M. Stonebraker L. Rowe. ACM-SIGMOD Conference on Management of Data, May 1986.

[ston87a] «The design of the POSTGRES. rules system». M. Stonebraker, E. Hanson, C. H. Hong. IEEE Conference on Data Engineering, Feb. 1987.

- [ston87b] «*The design of the POSTGRES storage system*». M. Stonebraker. VLDB Conference, Sept. 1987.
- [ston89] «*A commentary on the POSTGRES rules system*». M. Stonebraker, M. Hearst, S. Potamianos. *SIGMOD Record* 18(3). Sept. 1989.
- [ston89b] «*The case for partial indexes*». M. Stonebraker. *SIGMOD Record* 18(4). Dec. 1989. 4-11.
- [ston90a] «*The implementation of POSTGRES*». M. Stonebraker, L. A. Rowe, M. Hirohama. *Transactions on Knowledge and Data Engineering* 2(1). IEEE. March 1990.
- [ston90b] «*On Rules, Procedures, Caching and Views in Database Systems*». M. Stonebraker, A. Jhingran, J. Goh, S. Potamianos. ACM-SIGMOD Conference on Management of Data, June 1990.

Предметный указатель

Символы

\$, 33
\$libdir, 1017
\$libdir/plugins, 560, 1661
*, 107
.pgpass, 814
.pg_service.conf, 815
::, 39
_PG_fini, 1017
_PG_init, 1017
_PG_output_plugin_init, 1293
«грязное» чтение, 407
Булевы
 операторы (см. операторы, логические)
Ведение журнала
 файл current_logfiles и функция
 pg_current_logfile, 307
 функция pg_current_logfile, 307
Григорианский календарь, 2210
Источники репликации, 1298
Карта видимости, 2177
Карта свободного пространства, 2176
Каскадная репликация, 646
Логическое декодирование, 1289, 1291
Многоверсионное управление конкурентным доступом, 407
Отслеживание прогресса репликации, 1298
Оценка количества строк
 планировщик, 2189
Потоковая репликация, 646
Регрессионное тестирование, 745
Сериализуемая изоляция снимков, 407
Сетевые файловые системы, 480
Сетевые хранилища (NAS) (см. Сетевые файловые системы)
Символы Unicode
 в идентификаторах, 24
Синхронная репликация, 646
Слой инициализации, 2177
Слоты репликации
 Потоковая репликация, 654
Спецкоды Unicode
 в строковых константах, 26
Триггер
 Аргументы для триггерных функций, 1079
 на C, 1080
Файл сопоставления имён пользователей, 579
Фоновые рабочие процессы, 1285
Юлианская дата, 2210
автоочистка
 общая информация, 626
 параметры конфигурации, 551

автофиксация
 массовая загрузка данных, 438
агрегатная функция, 11
 вспомогательные функции, 1043
 вызов, 34
 движущийся агрегат, 1038
 полиморфная, 1039
 пользовательская, 1036
 с переменными аргументами, 1039
 сортирующая, 1041
 частичное агрегирование, 1042
агрегатные функции
 встроенные, 287
активность базы данных
 мониторинг, 674
аномалия сериализации, 408, 411
анонимные блоки кода, 1582
асинхронная фиксация данных, 730
аутентификация BSD, 589
аутентификация клиентского приложения, 572
баз данных
 право для создания, 592
база данных, 598
 создание, 3
базовый тип, 996
балансировка нагрузки, 646
битовая строка
 тип данных, 144
битовая строковая
 константа, 28
битовые строки
 функции, 205
блокировка
 мониторинг, 711
 рекомендательная, 418
большой объект, 832
быстрый путь, 795
версия, 5, 308
 совместимость, 493
взаимоблокировка, 417
 тайм-аут, 562
включение
 в файл конфигурации, 505
владелец, 60
внешнее соединение, 94
внешний ключ, 14, 54
восстановление на момент времени, 629
время
 константы, 132
 текущее, 239
 формат вывода, 133
 (см. также форматирование)
встраиваемый SQL
 в C, 843
выбор поля, 33
вывод ошибок
 в PL/pgSQL, 1159
выключение, 492

- ul style="list-style-type: none; padding-left: 0;">
- выражение
 - порядок вычисления, 44
 - синтаксис, 32
- выражение значения, 32
- выходной список, 1096
- вычисляемое поле, 170
- вычитание множеств, 108
- генетическая оптимизация запросов, 536
- гипотезирующие агрегатные функции
 - встроенные, 293
- глобальные данные
 - в PL/Python, 1217
 - в PL/Tcl, 1186
- горячий резерв, 646
- группировка, 102
- данные часовых поясов, 458
- дата
 - константы, 132
 - текущая, 239
 - формат вывода, 132
 - (см. также форматирование)
- двоичная строка
 - длина, 204
- двоичные данные, 126
 - функции, 203
- двоичные строки
 - конкатенация, 203
- дерево запроса, 1095
- диапазонный тип, 171
 - индексы, 175
 - исключение, 175
- дизъюнкция, 181
- динамическая загрузка, 561, 1017
- дисковое пространство, 620
- дисковое устройство, 735
- дисперсия, 291
 - для совокупности, 291
 - по выборке, 291
- длина
 - двоичной строки (см. двоичные строки, длина)
 - строки символов (см. строка символов, длина)
- добавление, 89
- доверенный
 - PL/Perl, 1205
- документ
 - поиск текста, 371
- домен, 176
- доступная роль, 962
- дублирование, 9, 108
- естественное соединение, 95
- журнал сервера, 539
 - обслуживание файла журнала, 628
- журнал событий
 - журнал событий, 502
- журнал транзакций (см. WAL)
- загрузка системы
 - запуск сервера, 480
- задержка, 241
- заключение строк в доллары, 27
- запись
 - функций, 45
- запрос, 8, 93
- зацикливание
 - идентификаторов мультитранзакций, 625
 - идентификаторов транзакций, 622
- защита на уровне строк, 61
- значение NULL
 - в libpq, 784
 - с ограничениями уникальности, 53
 - значение по умолчанию, 49
 - с ограничениями-проверками, 51
- значение по умолчанию, 49
 - изменение, 60
- значимые цифры, 558
- идентификатор
 - длина, 24
 - синтаксис, 23
- идентификатор объекта
 - тип данных, 177
- идентификатор транзакции
 - зацикливание, 622
- иерархическая база данных, 6
- изменение, 90
- изменчивость
 - функций, 1014
- изменяемые представления, 1570
- изоляция транзакций, 407
- имена часовых поясов, 558
- имя
 - неполное, 68
 - полное, 68
 - синтаксис, 23
- имя компьютера, 762
- индекс, 356, 2546
 - В-дерево, 357, 2136
 - BRIN, 358, 2166
 - по выражению, 362
 - GIN, 358, 2160
 - текстовый поиск, 402
- GiST, 357, 2139
 - текстовый поиск, 402
- SP-GiST, 358, 2150
 - для пользовательского типа данных, 1053
- и ORDER BY, 360
- неблокирующее построение, 1467
- объединение нескольких индексов, 361
- по хешу, 357
- сканирование только индекса, 366
- составной, 359
- уникальный, 361
- частичный, 362

индекс элемента, 33

индексы

блокировки, 421

контроль использования, 368

интервал

- формат вывода, 137
 - (см. также форматирование)
- интерфейсы
 - поддерживаемые отдельно, 2639
- информационная схема, 939
- исключение по ограничению, 85, 537
- исключения
 - в PL/pgSQL, 1149
 - в PL/Tcl, 1191
- использование диска, 725
- история
 - PostgreSQL, xxii
- кавычки
 - и идентификаторы, 24
 - спецсимволы, 25
- класс операторов, 365, 1053
- кластер
 - баз данных (см. кластер баз данных)
- кластер баз данных, 6, 478
- кластеризация, 646
- ключевое слово
 - синтаксис, 23
 - список, 2212
- ковариация
 - выборки, 290
 - совокупности, 290
- коды ошибок
 - libpq, 779
 - список, 2198
- команда TABLE, 1696
- комментарии
 - к объектам баз данных, 318
- комментарий
 - в SQL, 30
- компиляция
 - приложений с libpq, 821
- компонент, 23
- конкатенация значений tsvector, 382
- конкурентный доступ, 407
- константа, 25
- контекст памяти
 - в SPI, 1268
- контрольная точка, 731
- конфигурация
 - восстановления
 - резервного сервера, 670
 - сервера
 - функции, 322
- конъюнкция, 181
- корреляция, 289
 - в планировщике запросов, 434
- кросс-компиляция, 458
- круг, 142, 245
- куда протоколировать, 539
- курсор
 - CLOSE, 1403
 - DECLARE, 1574
 - FETCH, 1639
 - MOVE, 1665
 - в PL/pgSQL, 1153
 - показ плана запроса, 1634
- левое соединение, 95
- линейная регрессия, 289
- линии времени, 629
- логический
 - тип данных, 137
- локаль, 479, 604
- массив, 157
 - ввод/вывод, 164
 - изменение, 160
 - константа, 157
 - конструктор, 41
 - обращение, 159
 - объявление, 157
 - поиск, 163
- массив элементов
 - пользовательского типа, 1046
- материализованные представления, 2005
 - реализация через правила, 1103
- медиана, 36
 - (см. также процентиль)
- метка (см. псевдоним)
- метод TABLESAMPLE, 2107
- метод извлечения выборки таблицы, 2107
- многоугольник, 141, 245
- мода
 - статистическая функция, 291
- мониторинг
 - активность базы данных, 674
- набор символов, 559, 567, 612
- наклон линии регрессии, 290
- нарезанный хлеб (см. TOAST)
- наследование, 19, 71
- настройка
 - сервера, 503
- не число
 - double precision, 121
 - numeric (тип данных), 120
- неблокирующее соединение, 756, 789
- неповторяемое чтение, 407
- неполное имя, 68
- непрерывное архивирование, 629
 - на резервном сервере, 659
- область данных (см. кластер баз данных)
- обновление, 493
- обработка замечаний
 - в libpq, 806
- обработчик замечаний, 806
- обратное распределение, 291
- обслуживание, 619
- общее табличное выражение (см. WITH)
- объединение множеств, 108
- объектно-ориентированная база данных, 6
- обёртка сторонних данных
 - обработчик, 2088
- ограничение, 50

- NOT NULL, 52
- внешний ключ, 54
- добавление, 59
- имя, 50
- исключение, 56
- первичный ключ, 53
- проверка, 50
- удаление, 59
- уникальности, 52
- ограничение NOT NULL, 51
- ограничение уникальности, 52
- ограничение-исключение, 56
- ограничение-проверка, 50
- оконная функция, 17
 - вызов, 37
 - порядок выполнения, 106
- оконные функции
 - встроенные, 294
- оператор, 181
 - вызов, 34
 - логический, 181
 - пользовательский, 1048
 - приоритеты, 30
 - разрешение типов при вызове, 345
 - синтаксис, 29
- оператор упорядочивания, 1063
- операции над множествами, 108
- опорные функции
 - in_range, 2137
- опорные функции in_range, 2137
- отказоустойчивость, 646
- откладываемая транзакция
 - выбор по умолчанию, 555
 - установка, 1727
- отличительный блок, 1017
- отмена
 - SQL-команд, 794
- отношение, 6
- отработка отказа, 646
- отрезок, 141
- отрицание, 181
- оценка числа строк
 - многовариантная, 2194
- очистка, 619
- параллельный запрос, 443
- параметр
 - синтаксис, 33
- параметр восстановления
 - archive_cleanup_command, 670
 - параметр восстановления primary_conninfo, 672
 - параметр восстановления primary_slot_name, 673
 - параметр восстановления recovery_end_command, 671
 - параметр восстановления recovery_min_apply_delay, 673
 - параметр восстановления recovery_target, 671
 - параметр восстановления recovery_target_action, 672
 - параметр восстановления recovery_target_inclusive, 672
 - параметр восстановления recovery_target_lsn, 671
 - параметр восстановления recovery_target_name, 671
 - параметр восстановления recovery_target_time, 671
 - параметр восстановления recovery_target_timeline, 672
 - параметр восстановления recovery_target_xid, 671
 - параметр восстановления restore_command, 670
 - параметр восстановления standby_mode, 672
 - параметр восстановления trigger_file, 673
 - параметр конфигурации allow_system_table_mods, 567
 - параметр конфигурации application_name, 544
 - параметр конфигурации archive_command, 526
 - параметр конфигурации archive_mode, 526
 - параметр конфигурации archive_timeout, 526
 - параметр конфигурации array_nulls, 563
 - параметр конфигурации authentication_timeout, 510
 - параметр конфигурации auth_delay.milliseconds, 2477
 - параметр конфигурации autovacuum, 551
 - параметр конфигурации autovacuum_analyze_scale_factor, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_analyze_threshold, 551
 - параметр конфигурации autovacuum_freeze_max_age, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_max_workers, 551
 - параметр конфигурации autovacuum_multixact_freeze_max_age, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_naptime, 551
 - параметр конфигурации autovacuum_vacuum_cost_delay, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_vacuum_cost_limit, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_vacuum_scale_factor, 552
 - параметр конфигурации autovacuum_vacuum_threshold, 551
 - параметр конфигурации autovacuum_work_mem, 515
 - параметр конфигурации auto_explain.log_analyze, 2478
 - параметр конфигурации auto_explain.log_buffers, 2478
 - параметр конфигурации auto_explain.log_format, 2478
 - параметр конфигурации auto_explain.log_min_duration, 2478

- параметр конфигурации auto_explain.log_nested_statements, 2479
- параметр конфигурации auto_explain.log_timing, 2478
- параметр конфигурации auto_explain.log_triggers, 2478
- параметр конфигурации auto_explain.log_verbose, 2478
- параметр конфигурации auto_explain.sample_rate, 2479
- параметр конфигурации backend_flush_after, 520
- параметр конфигурации backslash_quote, 563
- параметр конфигурации bgwriter_delay, 517
- параметр конфигурации bgwriter_flush_after, 518
- параметр конфигурации bgwriter_lru_maxpages, 518
- параметр конфигурации bgwriter_lru_multiplier, 518
- параметр конфигурации block_size, 566
- параметр конфигурации bonjour, 509
- параметр конфигурации bonjour_name, 509
- параметр конфигурации bytea_output, 557
- параметр конфигурации checkpoint_completion_target, 525
- параметр конфигурации checkpoint_flush_after, 525
- параметр конфигурации checkpoint_timeout, 525
- параметр конфигурации checkpoint_warning, 525
- параметр конфигурации check_function_bodies, 554
- параметр конфигурации client_encoding, 559
- параметр конфигурации client_min_messages, 542
- параметр конфигурации cluster_name, 549
- параметр конфигурации commit_delay, 524
- параметр конфигурации commit_siblings, 525
- параметр конфигурации config_file, 507
- параметр конфигурации constraint_exclusion, 537
- параметр конфигурации cpu_index_tuple_cost, 535
- параметр конфигурации cpu_operator_cost, 535
- параметр конфигурации cpu_tuple_cost, 535
- параметр конфигурации current_logfiles и log_destination, 539
- параметр конфигурации cursor_tuple_fraction, 537
- параметр конфигурации data_checksums, 566
- параметр конфигурации data_directory, 507
- параметр конфигурации data_directory_mode, 566
- параметр конфигурации DateStyle, 558
- параметр конфигурации db_user_namespace, 510
- параметр конфигурации deadlock_timeout, 562
- параметр конфигурации debug_assertions, 566
- параметр конфигурации debug_deadlocks, 569
- параметр конфигурации debug_pretty_print, 544
- параметр конфигурации debug_print_parse, 544
- параметр конфигурации debug_print_plan, 544
- параметр конфигурации debug_print_rewritten, 544
- параметр конфигурации default_statistics_target, 537
- параметр конфигурации default_tablespace, 554
- параметр конфигурации default_text_search_config, 559
- параметр конфигурации default_transaction_deferrable, 555
- параметр конфигурации default_transaction_isolation, 555
- параметр конфигурации default_transaction_read_only, 555
- параметр конфигурации default_with_oids, 564
- параметр конфигурации dynamic_library_path, 561
- параметр конфигурации dynamic_shared_memory_type, 515
- параметр конфигурации effective_cache_size, 535
- параметр конфигурации effective_io_concurrency, 518
- параметр конфигурации enable_bitmapscan, 532
- параметр конфигурации enable_gathermerge, 532
- параметр конфигурации enable_hashagg, 532
- параметр конфигурации enable_hashjoin, 532
- параметр конфигурации enable_indexonlyscan, 532
- параметр конфигурации enable_indexscan, 532
- параметр конфигурации enable_material, 532
- параметр конфигурации enable_mergejoin, 532
- параметр конфигурации enable_nestloop, 533
- параметр конфигурации enable_parallel_append, 533
- параметр конфигурации enable_parallel_hash, 533
- параметр конфигурации enable_partitionwise_aggregate, 533
- параметр конфигурации enable_partitionwise_join, 533
- параметр конфигурации enable_partition_pruning, 533
- параметр конфигурации enable_seqscan, 533
- параметр конфигурации enable_sort, 533
- параметр конфигурации enable_tidscan, 533
- параметр конфигурации escape_string_warning, 564
- параметр конфигурации event_source, 542
- параметр конфигурации exit_on_error, 565
- параметр конфигурации external_pid_file, 507
- параметр конфигурации extra_float_digits, 558
- параметр конфигурации force_parallel_mode, 538
- параметр конфигурации from_collapse_limit, 538
- параметр конфигурации fsync, 521
- параметр конфигурации full_page_writes, 523
- параметр конфигурации geqo, 536
- параметр конфигурации geqo_effort, 536
- параметр конфигурации geqo_generations, 537

- параметр конфигурации `geqo_pool_size`, 536
 параметр конфигурации `geqo_seed`, 537
 параметр конфигурации `geqo_selection_bias`, 537
 параметр конфигурации `geqo_threshold`, 536
 параметр конфигурации `gin_fuzzy_search_limit`, 562
 параметр конфигурации `gin_pending_list_limit`, 558
 параметр конфигурации `hba_file`, 507
 параметр конфигурации `hot_standby`, 530
 параметр конфигурации `hot_standby_feedback`, 530
 параметр конфигурации `huge_pages`, 514
 параметр конфигурации `ident_file`, 507
 параметр конфигурации `idle_in_transaction_session_timeout`, 556
 параметр конфигурации `ignore_checksum_failure`, 570
 параметр конфигурации `ignore_system_indexes`, 567
 параметр конфигурации `integer_datetimes`, 566
 параметр конфигурации `IntervalStyle`, 558
 параметр конфигурации `jit`, 538
 параметр конфигурации `jit_above_cost`, 535
 параметр конфигурации `jit_debugging_support`, 570
 параметр конфигурации `jit_dump_bitcode`, 570
 параметр конфигурации `jit_expressions`, 570
 параметр конфигурации `jit_inline_above_cost`, 536
 параметр конфигурации `jit_optimize_above_cost`, 536
 параметр конфигурации `jit_profiling_support`, 570
 параметр конфигурации `jit_provider`, 561
 параметр конфигурации `jit_tuple_deforming`, 570
 параметр конфигурации `join_collapse_limit`, 538
 параметр конфигурации `krb_caseins_users`, 510
 параметр конфигурации `krb_server_keyfile`, 510
 параметр конфигурации `lc_collate`, 566
 параметр конфигурации `lc_ctype`, 566
 параметр конфигурации `lc_messages`, 559
 параметр конфигурации `lc_monetary`, 559
 параметр конфигурации `lc_numeric`, 559
 параметр конфигурации `lc_time`, 559
 параметр конфигурации `listen_addresses`, 507
 параметр конфигурации `local_preload_libraries`, 560
 параметр конфигурации `lock_timeout`, 556
 параметр конфигурации `logging_collector`, 540
 параметр конфигурации `log_autovacuum_min_duration`, 551
 параметр конфигурации `log_btree_build_stats`, 569
 параметр конфигурации `log_checkpoints`, 544
 параметр конфигурации `log_connections`, 544
 параметр конфигурации `log_destination`, 539
 параметр конфигурации `log_directory`, 540
 параметр конфигурации `log_disconnections`, 545
 параметр конфигурации `log_duration`, 545
 параметр конфигурации `log_error_verbosity`, 545
 параметр конфигурации `log_executor_stats`, 550
 параметр конфигурации `log_filename`, 540
 параметр конфигурации `log_file_mode`, 541
 параметр конфигурации `log_hostname`, 545
 параметр конфигурации `log_line_prefix`, 545
 параметр конфигурации `log_lock_waits`, 547
 параметр конфигурации `log_min_duration_statement`, 543
 параметр конфигурации `log_min_error_statement`, 543
 параметр конфигурации `log_min_messages`, 542
 параметр конфигурации `log_parser_stats`, 550
 параметр конфигурации `log_planner_stats`, 550
 параметр конфигурации `log_replication_commands`, 548
 параметр конфигурации `log_rotation_age`, 541
 параметр конфигурации `log_rotation_size`, 541
 параметр конфигурации `log_statement`, 547
 параметр конфигурации `log_statement_stats`, 550
 параметр конфигурации `log_temp_files`, 548
 параметр конфигурации `log_timezone`, 548
 параметр конфигурации `log_truncate_on_rotation`, 541
 параметр конфигурации `lo_compat_privileges`, 564
 параметр конфигурации `maintenance_work_mem`, 515
 параметр конфигурации `max_connections`, 508
 параметр конфигурации `max_files_per_process`, 516
 параметр конфигурации `max_function_args`, 566
 параметр конфигурации `max_identifier_length`, 566
 параметр конфигурации `max_index_keys`, 566
 параметр конфигурации `max_locks_per_transaction`, 562
 параметр конфигурации `max_logical_replication_workers`, 531
 параметр конфигурации `max_parallel_maintenance_workers`, 519
 параметр конфигурации `max_parallel_workers`, 520
 параметр конфигурации `max_parallel_workers_per_gather`, 519
 параметр конфигурации `max_pred_locks_per_page`, 563
 параметр конфигурации `max_pred_locks_per_relation`, 563
 параметр конфигурации `max_pred_locks_per_transaction`, 562
 параметр конфигурации `max_prepared_transactions`, 514
 параметр конфигурации `max_replication_slots`, 527
 параметр конфигурации `max_stack_depth`, 515

- параметр конфигурации max_standby_archive_delay, 530
- параметр конфигурации max_standby_streaming_delay, 530
- параметр конфигурации max_sync_workers_per_subscription, 531
- параметр конфигурации max_wal_senders, 527
- параметр конфигурации max_wal_size, 525
- параметр конфигурации max_worker_processes, 519
- параметр конфигурации min_parallel_index_scan_size, 535
- параметр конфигурации min_parallel_table_scan_size, 535
- параметр конфигурации min_wal_size, 526
- параметр конфигурации old_snapshot_threshold, 520
- параметр конфигурации operator_precedence_warning, 564
- параметр конфигурации parallel_leader_participation, 538
- параметр конфигурации parallel_setup_cost, 535
- параметр конфигурации parallel_tuple_cost, 535
- параметр конфигурации password_encryption, 510
- параметр конфигурации pg_prewarm.autoprewarm, 2570
- параметр конфигурации pg_prewarm.autoprewarm_interval, 2570
- параметр конфигурации pg_trgm.similarity_threshold, 2583
- параметр конфигурации pg_trgm.word_similarity_threshold, 2583
- параметр конфигурации plperl.on_init, 1208
- параметр конфигурации plperl.on_plperl_init, 1208
- параметр конфигурации plperl.on_plperl_init, 1208
- параметр конфигурации plperl.use_strict, 1209
- параметр конфигурации plpgsql.check_asserts, 1161
- параметр конфигурации plpgsql.variable_conflict, 1170
- параметр конфигурации pltcl.start_proc, 1193
- параметр конфигурации pltclu.start_proc, 1194
- параметр конфигурации port, 508
- параметр конфигурации post_auth_delay, 568
- параметр конфигурации pre_auth_delay, 568
- параметр конфигурации quote_all_identifiers, 564
- параметр конфигурации random_page_cost, 534
- параметр конфигурации restart_after_crash, 565
- параметр конфигурации row_security, 553
- параметр конфигурации search_path, 69, 553
- использование в защищённых функциях, 1461
- параметр конфигурации segment_size, 566
- параметр конфигурации sepgsql.debug_audit, 2599
- параметр конфигурации sepgsql.permissive, 2599
- параметр конфигурации seq_page_cost, 534
- параметр конфигурации server_encoding, 567
- параметр конфигурации server_version, 567
- параметр конфигурации server_version_num, 567
- параметр конфигурации session_preload_libraries, 560
- параметр конфигурации session_replication_role, 555
- параметр конфигурации shared_buffers, 513
- параметр конфигурации shared_preload_libraries, 561
- параметр конфигурации ssl, 511
- параметр конфигурации ssl_ca_file, 511
- параметр конфигурации ssl_cert_file, 511
- параметр конфигурации ssl_ciphers, 512
- параметр конфигурации ssl_crl_file, 511
- параметр конфигурации ssl_dh_params_file, 512
- параметр конфигурации ssl_ecdh_curve, 512
- параметр конфигурации ssl_key_file, 511
- параметр конфигурации ssl_passphrase_command, 513
- параметр конфигурации ssl_passphrase_command_supports_reload, 513
- параметр конфигурации ssl_prefer_server_ciphers, 512
- параметр конфигурации standard_conforming_strings, 564
- параметр конфигурации statement_timeout, 555
- параметр конфигурации stats_temp_directory, 550
- параметр конфигурации superuser_reserved_connections, 508
- параметр конфигурации synchronize_seqscans, 565
- параметр конфигурации synchronous_commit, 522
- параметр конфигурации synchronous_standby_names, 528
- параметр конфигурации syslog_facility, 541
- параметр конфигурации syslog_ident, 542
- параметр конфигурации syslog_sequence_numbers, 542
- параметр конфигурации syslog_split_messages, 542
- параметр конфигурации tcp_keepalives_count, 510
- параметр конфигурации tcp_keepalives_idle, 509
- параметр конфигурации tcp_keepalives_interval, 509
- параметр конфигурации temp_buffers, 514
- параметр конфигурации temp_file_limit, 516
- параметр конфигурации temp_tablespace, 554
- параметр конфигурации TimeZone, 558
- параметр конфигурации timezone_abbreviations, 558
- параметр конфигурации trace_locks, 568
- параметр конфигурации trace_lock_oidmin, 569
- параметр конфигурации trace_lock_table, 569

- параметр конфигурации `trace_lwlocks`, 569
- параметр конфигурации `trace_notify`, 568
- параметр конфигурации `trace_recovery_messages`, 568
- параметр конфигурации `trace_sort`, 568
- параметр конфигурации `trace_userlocks`, 569
- параметр конфигурации `track_activities`, 550
- параметр конфигурации `track_activity_query_size`, 550
- параметр конфигурации `track_commit_timestamp`, 528
- параметр конфигурации `track_counts`, 550
- параметр конфигурации `track_functions`, 550
- параметр конфигурации `track_io_timing`, 550
- параметр конфигурации `transform_null_equals`, 565
- параметр конфигурации `unix_socket_directories`, 508
- параметр конфигурации `unix_socket_group`, 508
- параметр конфигурации `unix_socket_permissions`, 509
- параметр конфигурации `update_process_title`, 549
- параметр конфигурации `vacuum_cleanup_index_scale_factor`, 557
- параметр конфигурации `vacuum_cost_delay`, 516
- параметр конфигурации `vacuum_cost_limit`, 517
- параметр конфигурации `vacuum_cost_page_dirty`, 517
- параметр конфигурации `vacuum_cost_page_hit`, 517
- параметр конфигурации `vacuum_cost_page_miss`, 517
- параметр конфигурации `vacuum_defer_cleanup_age`, 529
- параметр конфигурации `vacuum_freeze_min_age`, 556
- параметр конфигурации `vacuum_freeze_table_age`, 556
- параметр конфигурации `vacuum_multixact_freeze_min_age`, 557
- параметр конфигурации `vacuum_multixact_freeze_table_age`, 556
- параметр конфигурации `wal_block_size`, 567
- параметр конфигурации `wal_buffers`, 524
- параметр конфигурации `wal_compression`, 524
- параметр конфигурации `wal_consistency_checking`, 569
- параметр конфигурации `wal_debug`, 570
- параметр конфигурации `wal_keep_segments`, 527
- параметр конфигурации `wal_level`, 521
- параметр конфигурации `wal_log_hints`, 523
- параметр конфигурации `wal_receiver_status_interval`, 530
- параметр конфигурации `wal_receiver_timeout`, 531
- параметр конфигурации `wal_retrieve_retry_interval`, 531
- параметр конфигурации `wal_segment_size`, 567
- параметр конфигурации `wal_sender_timeout`, 528
- параметр конфигурации `wal_sync_method`, 522
- параметр конфигурации `wal_writer_delay`, 524
- параметр конфигурации `wal_writer_flush_after`, 524
- параметр конфигурации `work_mem`, 515
- параметр конфигурации `xmlbinary`, 557
- параметр конфигурации `xmloption`, 557
- параметр конфигурации `zero_damaged_pages`, 570
- параметры хранения, 1527
- пароль, 592
 - суперпользователя, 479
- первичный ключ, 53
- перегрузка
 - операторов, 1048
 - функций, 1013
- переиндексация, 627
- перекрёстное соединение, 94
- переменная окружения, 813
- пересечение линии регрессии, 290
- пересечение множеств, 108
- переходные таблицы, 1550
 - (см. также эфемерное именованное отношение)
 - реализация на языках программирования, 1259
- план запроса, 422
- подготовка запроса
 - в PL/pgSQL, 1172
 - в PL/Python, 1219
 - в PL/Tcl, 1187
- подготовленные операторы
 - выполнение, 1633
 - освобождение, 1573
 - показ плана запроса, 1634
 - создание, 1670
- подзапрос, 11, 41, 98, 296
- подмена сервера, 496
- подпрограмма, 998
- подтранзакции
 - в PL/Tcl, 1192
- поиск по шаблону, 206
- поиск текста, 370
 - функции и операторы, 145
- поле
 - вычисляемое, 170
- полиморфная функция, 997
- полиморфный тип, 997
- политика, 61
- полное имя, 68
- полнотекстовый поиск, 370
 - типы данных, 145
 - функции и операторы, 145
- получение параметров соединения через LDAP, 815
- пользователь, 306, 591

- текущий, 306
- пользователь postgres, 478
- последовательное сканирование, 533
- последовательность, 276
- потoki
 - с libpq, 820
- права
 - с правилами, 1116
 - с представлениями, 1116
 - проверка, 308
 - для схем, 70
- правила
 - в сравнении с триггерами, 1118
 - и представления, 1097
- правила сортировки, 606
 - в функциях SQL, 1013
- правило, 1095
 - для DELETE, 1106
 - для INSERT, 1106
 - для SELECT, 1097
 - для UPDATE, 1106
 - и материализованные представления, 1103
- правило сортировки
 - на PL/pgSQL, 1131
- право, 60
- право подключения, 592
- правое соединение, 95
- предикатная блокировка, 411
- предложение OVER, 37
- представление, 14
 - изменение, 1110
 - материализованное, 1103
 - реализация через правила, 1097
- приведение
 - преобразование ввода/вывода, 1431
- приведение типа, 29, 39
- применимая роль, 940
- приёмник замечаний, 806
- провайдер нестандартного сканирования
 - обработчик, 2110
- проверке подлинности
 - тайм-аут при, 510
- прозрачные огромные страницы, 514
- производительность, 422
- протокол
 - клиент-серверный, 2023
- процедура
 - пользовательская, 998
- процедурный язык, 1121
 - обработчик, 2085
 - поддерживаемый отдельно, 2639
- процентиль
 - дискретный, 292
 - непрерывный, 291
- прямая, 140
- прямоугольник, 141
- псевдоним
 - в предложении FROM, 97
 - в списке выборки, 107
- таблицы в запросе, 11
- путь
 - для схем, 553
- путь поиска, 68
 - видимость объектов, 311
 - текущий, 306
- разделяемая библиотека, 464, 1024
- разделяемая память, 483
- разрешение (см. право)
- расширение, 1066
 - отдельно поддерживаемое, 2640
- расширение SQL, 996
- регламентное обслуживание, 619
- регрессионный тест, 462
- регулярное выражение, 207, 208
 - (см. также поиск по шаблону)
- регулярные выражения
 - и локали, 605
- режим движущегося агрегата, 1038
- резервная копия, 324, 629
- резервный сервер, 646
- рекомендательная блокировка, 418
- реляционная база данных, 6
- репликация, 646
- ролей
 - право для создания, 592
- роль, 591, 595
 - доступная, 962
 - право для запуска репликации, 592
 - применимая, 940
 - членство, 593
- секционирование, 75
- секционирование данных, 646
- секционированная таблица, 75
- семафоры, 483
- семейство операторов, 365, 1060
- сетевые адреса
 - типы данных, 142
- сигнал
 - серверные процессы, 323
- символьная строка
 - конкатенация, 188
 - типы данных, 124
- синтаксис
 - SQL, 23
- синтаксис спецпоследовательностей, 25
- синхронная фиксация данных, 730
- системный каталог
 - схема, 70
- скаляр (см. выражение)
- сканирование по битовой карте, 361, 532
- сканирование по индексу, 532
- сканирование только индекса, 366
- скобки, 32
- следающий сервер, 646
- слот репликации
 - логическая репликация, 1291

- ul style="list-style-type: none; padding-left: 0;">
- событийный триггер, 1087
 - в PL/Tcl, 1191
 - на C, 1091
- соединение, 9, 94
 - внешнее, 10, 94
 - естественное, 95
 - замкнутое, 11
 - левое, 95
 - перекрёстное, 94
 - справа, 95
 - управление порядком, 436
- сообщение об ошибке, 771
- сопоставление пользователей, 86
- сортировка, 108
- сортирующая агрегатная функция, 34
- сортирующие агрегатные функции
 - встроенные, 291
- составной тип, 165, 996
 - константа, 166
 - конструктор, 42
 - сравнение, 299
- спецсимвол обратная косая черта, 25
- список отношений, 1095
- сравнение
 - конструкторов строк, 299
 - операторы, 181
 - со строкой-результатом подзапроса, 296
 - составных типов, 299
- сравнение табличных строк, 299
- среднее, 287
- средства администрирования
 - поддерживаемые отдельно, 2639
- ссылка на столбец, 32
- ссылочная целостность, 14, 54
- стандартное отклонение, 290
 - по выборке, 291
 - по совокупности, 291
- статистика, 289, 675
 - планировщика, 433, 434, 621
- столбец, 6, 48
 - добавление, 58
 - переименование, 60
 - системный столбец, 57
 - удаление, 59
- сторонние данные, 86
- сторонняя таблица, 86
- строка, 6, 48 (см. символная строка)
- строка символов
 - длина, 188
- строки
 - апостроф с обратной косой, 563
 - предупреждение о спецсимволах, 564
 - соответствие стандарту, 564
- суперпользователь, 4, 592
- схема, 67, 598
 - public, 68
 - создание, 68
 - текущая, 69, 306
 - удаление, 68
- таблица, 6, 48
 - изменение, 58
 - наследование, 71
 - переименование, 60
 - секционирование, 75
 - создание, 48
 - удаление, 49
- таблицы перехода
 - обращение из триггера на C, 1080
- табличная функция, 99
 - XMLTABLE, 261
- табличное выражение, 93
- табличное пространство, 601
 - временное, 554
 - по умолчанию, 554
- тайм-аут
 - взаимоблокировка, 562
 - проверка подлинности клиента, 510
- текстовая строка
 - константа, 25
- текстовый поиск
 - индексы, 402
 - типы данных, 145
- тест, 745
- тип (см. тип данных)
- тип данных, 117
 - numeric, 119
 - базовый, 996
 - внутренняя организация, 1018
 - домен, 176
 - категория, 345
 - контейнер, 996
 - определённый пользователем, 1043
 - перечисление (enum), 138
 - полиморфный, 997
 - преобразование, 344
 - приведение типа, 39
 - составной, 996
- тип данных столбца
 - изменение, 60
- тип табличной строки, 165
 - конструктор, 42
- тип-контейнер, 996
- типы данных
 - константы, 29
- типы перечислений, 138
- точка, 140, 245
- точка перезапуска, 733
- точки монтирования файловых систем, 479
- точки сохранения
 - определение, 1691
 - освобождение, 1681
 - откат, 1689
- транзакция, 15
- транзакция без записи
 - установка, 1727
- транзакция в режиме «только чтение»

выбор по умолчанию, 555
 трансляция журналов, 646
 триггер
 в PL/pgSQL, 1161
 в PL/Python, 1217
 для обновления столбца с производным значением tsvector, 385
 на языке PL/Tcl, 1189
 триггеры
 в сравнении с правилами, 1118
 тёплый резерв, 646
 угроза стабильности, 441
 удаление, 91
 управляющий файл, 1067
 уровень изоляции транзакции
 выбор по умолчанию, 555
 установка, 1727
 уровень изоляции транзакций, 408
 read committed, 408
 repeatable read, 410
 serializable, 411
 условное выражение, 279
 установка, 450
 в Windows, 473
 устранение секций, 84
 утверждения
 в PL/pgSQL, 1161
 файл паролей, 814
 файл соединений служб, 815
 фантомное чтение, 408
 форматирование, 222
 функции
 пользовательские
 на SQL, 999
 разрешение типов при вызове, 349
 функции, возвращающие множества
 функции, 302
 функциональная зависимость, 103
 функция, 181
 RETURNS TABLE, 1011
 в предложении FROM, 99
 внутренняя, 1016
 вызов, 34
 выходной параметр, 1004
 значения аргументов по умолчанию, 1006
 именная передача, 46
 именованный аргумент, 1000
 определяемая пользователем, 998
 переменные параметры, 1005
 позиционная запись, 45
 полиморфная, 997
 пользовательская
 на C, 1016
 с SETOF, 1007
 смешанная запись, 46
 функция instr, 1182
 функция ввода, 1044
 функция вывода, 1044

функция завершения работы библиотеки, 1017
 функция инициализации библиотеки, 1017
 функция с переменными параметрами, 1005
 хеш (см. индекс)
 цикл
 в PL/pgSQL, 1145
 часовой пояс, 133, 558
 ввод аббревиатур, 2209
 преобразование, 238
 числа с произвольной точностью, 119
 число с плавающей точкой
 отображение, 558
 числовые
 константы, 28
 чувствительность к регистру
 в командах SQL, 24
 шаблоны
 в psql и pg_dump, 1853
 шифрование, 496
 избранных столбцов, 2557
 экранированные строки
 в libpq, 786
 экспорт в XML, 264
 эфемерное именованное отношение
 разрегистрация в SPI, 1258
 регистрация в SPI, 1257, 1259

A

abbrev, 247
 ABORT, 1301
 abs, 185
 acos, 187
 acosd, 187
 adminpack, 2473
 age, 230
 AIX
 настройка IPC, 485
 установка в, 466
 akeys, 2530
 ALL, 296, 299
 ALTER AGGREGATE, 1302
 ALTER COLLATION, 1304
 ALTER CONVERSION, 1306
 ALTER DATABASE, 1307
 ALTER DEFAULT PRIVILEGES, 1309
 ALTER DOMAIN, 1312
 ALTER EVENT TRIGGER, 1315
 ALTER EXTENSION, 1316
 ALTER FOREIGN DATA WRAPPER, 1319
 ALTER FOREIGN TABLE, 1321
 ALTER FUNCTION, 1326
 ALTER GROUP, 1329
 ALTER INDEX, 1330
 ALTER LANGUAGE, 1333
 ALTER LARGE OBJECT, 1334
 ALTER MATERIALIZED VIEW, 1335
 ALTER OPERATOR, 1337
 ALTER OPERATOR CLASS, 1339

ALTER OPERATOR FAMILY, 1340
 ALTER POLICY, 1344
 ALTER PROCEDURE, 1345
 ALTER PUBLICATION, 1348
 ALTER ROLE, 592, 1350
 ALTER ROUTINE, 1353
 ALTER RULE, 1354
 ALTER SCHEMA, 1355
 ALTER SEQUENCE, 1356
 ALTER SERVER, 1359
 ALTER STATISTICS, 1361
 ALTER SUBSCRIPTION, 1362
 ALTER SYSTEM, 1364
 ALTER TABLE, 1366
 ALTER TABLESPACE, 1381
 ALTER TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1382
 ALTER TEXT SEARCH DICTIONARY, 1384
 ALTER TEXT SEARCH PARSER, 1386
 ALTER TEXT SEARCH TEMPLATE, 1387
 ALTER TRIGGER, 1388
 ALTER TYPE, 1389
 ALTER USER, 1392
 ALTER USER MAPPING, 1393
 ALTER VIEW, 1394
 amcheck, 2473
 ANALYZE, 621, 1396
 AND (оператор), 181
 any, 179
 ANY, 289, 296, 299
 anyarray, 179
 anyelement, 179
 anyenum, 179
 anynonarray, 179
 anyrange, 179
 area, 244
 armor, 2562
 ARRAY, 41
 определение типа результата, 353
 array_agg, 287, 2534
 array_append, 282
 array_cat, 282
 array_dims, 282
 array_fill, 282
 array_length, 282
 array_lower, 282
 array_ndims, 282
 array_position, 282
 array_positions, 282
 array_prepend, 282
 array_remove, 282
 array_replace, 282
 array_to_json, 270
 array_to_string, 282
 array_to_tsvector, 250
 array_upper, 282
 ascii, 189
 asin, 187
 asind, 187

ASSERT
 в PL/pgSQL, 1161
 AT TIME ZONE, 238
 atan, 187
 atan2, 187
 atan2d, 187
 atand, 187
 auth_delay, 2477
 auto-increment (см. serial)
 autocommit
 psql, 1854
 auto_explain, 2477
 avals, 2530
 avg, 287

B

В-дерево (см. индекс)
 BASE_BACKUP, 2043
 BEGIN, 1399
 BETWEEN, 182
 BETWEEN SYMMETRIC, 183
 BGWORKER_BACKEND_DATABASE_CONNECTION, 1286
 BGWORKER_SHMEM_ACCESS, 1285
 bigint, 28, 119
 bigserial, 122
 bison, 451
 bit_and, 287
 bit_length, 188
 bit_or, 287
 BLOB (см. большой объект)
 bloom, 2479
 bool_and, 287
 bool_or, 287
 box, 245
 box (тип данных), 141
 BRIN (см. индекс)
 brin_desummarize_range, 336
 brin_metapage_info, 2552
 brin_page_items, 2552
 brin_page_type, 2552
 brin_revmap_data, 2552
 brin_summarize_new_values, 336
 brin_summarize_range, 336
 broadcast, 247
 btree_gin, 2482
 btree_gist, 2483
 btrim, 189, 204
 bt_index_check, 2474
 bt_index_parent_check, 2475
 bt_metap, 2551
 bt_page_items, 2551, 2552
 bt_page_stats, 2551
 bytea, 126

C

C, 754, 843
 C++, 1036

- CALL, 1401
cardinality, 282
CASCADE
 с DROP, 87
 действие внешнего ключа, 55
CASE, 279
 определение типа результата, 353
cbrt, 185
ceil, 185
ceiling, 185
center, 244
Certificate, 589
char, 124
character, 124
character varying, 124
char_length, 188
CHECK OPTION, 1568
CHECKPOINT, 1402
chr, 190
cid, 177
cidr, 143
citext, 2484
clock_timestamp, 230
CLOSE, 1403
CLUSTER, 1404
clusterdb, 1747
cmax, 57
cmin, 57
COALESCE, 280
COLLATE, 40
collation for, 312
col_description, 318
COMMENT, 1406
COMMIT, 1410
COMMIT PREPARED, 1411
concat, 190
concat_ws, 190
configure, 452
connectby, 2609, 2615
conninfo, 761
CONTINUE
 в PL/pgSQL, 1146
convert, 190
convert_from, 190
convert_to, 191
COPY, 8, 1412
 с libpq, 797
corr, 289
cos, 187
cosd, 187
cot, 187
cotd, 187
count, 288
covar_pop, 290
covar_samp, 290
CREATE ACCESS METHOD, 1422
CREATE AGGREGATE, 1423
CREATE CAST, 1431
CREATE COLLATION, 1435
CREATE CONVERSION, 1437
CREATE DATABASE, 598, 1439
CREATE DOMAIN, 1442
CREATE EVENT TRIGGER, 1445
CREATE EXTENSION, 1447
CREATE FOREIGN DATA WRAPPER, 1449
CREATE FOREIGN TABLE, 1451
CREATE FUNCTION, 1455
CREATE GROUP, 1463
CREATE INDEX, 1464
CREATE LANGUAGE, 1472
CREATE MATERIALIZED VIEW, 1475
CREATE OPERATOR, 1477
CREATE OPERATOR CLASS, 1480
CREATE OPERATOR FAMILY, 1483
CREATE POLICY, 1484
CREATE PROCEDURE, 1490
CREATE PUBLICATION, 1493
CREATE ROLE, 591, 1495
CREATE RULE, 1500
CREATE SCHEMA, 1503
CREATE SEQUENCE, 1505
CREATE SERVER, 1509
CREATE STATISTICS, 1511
CREATE SUBSCRIPTION, 1513
CREATE TABLE, 6, 1516
CREATE TABLE AS, 1537
CREATE TABLESPACE, 601, 1540
CREATE TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1542
CREATE TEXT SEARCH DICTIONARY, 1543
CREATE TEXT SEARCH PARSER, 1545
CREATE TEXT SEARCH TEMPLATE, 1547
CREATE TRANSFORM, 1548
CREATE TRIGGER, 1550
CREATE TYPE, 1557
CREATE USER, 1566
CREATE USER MAPPING, 1567
CREATE VIEW, 1568
createdb, 3, 599, 1750
createuser, 591, 1753
CREATE_REPLICATION_SLOT, 2040
crosstab, 2609, 2611, 2612
crypt, 2558
cstring, 179
ctid, 57
CTID, 1102
CUBE, 104
cube (расширение), 2486
cume_dist, 295
 гипотезирующая функция, 293
current_catalog, 306
current_database, 306
current_date, 230
current_logfiles
 и функция pg_current_logfile, 307
current_query, 306
current_role, 306

current_schema, 306
current_schemas, 306
current_setting, 322
current_time, 230
current_timestamp, 231
current_user, 306
currval, 276
Cygwin
 установка в, 468

D

date, 128, 130
date_part, 231, 234
date_trunc, 231, 238
dblink, 2491, 2497
dblink_build_sql_delete, 2518
dblink_build_sql_insert, 2516
dblink_build_sql_update, 2519
dblink_cancel_query, 2514
dblink_close, 2506
dblink_connect, 2492
dblink_connect_u, 2495
dblink_disconnect, 2496
dblink_error_message, 2508
dblink_exec, 2500
dblink_fetch, 2504
dblink_get_connections, 2507
dblink_get_notify, 2511
dblink_get_pkey, 2515
dblink_get_result, 2512
dblink_is_busy, 2510
dblink_open, 2502
dblink_send_query, 2509
DEALLOCATE, 1573
dearmor, 2562
decimal (см. numeric)
DECLARE, 1574
decode, 191, 204
decode_bytea
 в PL/Perl, 1203
decrypt, 2565
decrypt_iv, 2565
defined, 2531
degrees, 185
DELETE, 13, 91, 1578
 RETURNING, 91
delete, 2531
dense_rank, 295
 гипотезирующая функция, 293
diameter, 244
dict_int, 2520
dict_xsyn, 2520
difference, 2526
digest, 2557
DISCARD, 1581
DISTINCT, 9, 108
div, 185
dmetaphone, 2528

dmetaphone_alt, 2528
DO, 1582
double precision, 121
DROP ACCESS METHOD, 1584
DROP AGGREGATE, 1585
DROP CAST, 1587
DROP COLLATION, 1588
DROP CONVERSION, 1589
DROP DATABASE, 600, 1590
DROP DOMAIN, 1591
DROP EVENT TRIGGER, 1592
DROP EXTENSION, 1593
DROP FOREIGN DATA WRAPPER, 1594
DROP FOREIGN TABLE, 1595
DROP FUNCTION, 1596
DROP GROUP, 1598
DROP INDEX, 1599
DROP LANGUAGE, 1600
DROP MATERIALIZED VIEW, 1601
DROP OPERATOR, 1602
DROP OPERATOR CLASS, 1604
DROP OPERATOR FAMILY, 1606
DROP OWNED, 1607
DROP POLICY, 1608
DROP PROCEDURE, 1609
DROP PUBLICATION, 1611
DROP ROLE, 591, 1612
DROP ROUTINE, 1613
DROP RULE, 1614
DROP SCHEMA, 1615
DROP SEQUENCE, 1616
DROP SERVER, 1617
DROP STATISTICS, 1618
DROP SUBSCRIPTION, 1619
DROP TABLE, 7, 1620
DROP TABLESPACE, 1621
DROP TEXT SEARCH CONFIGURATION, 1622
DROP TEXT SEARCH DICTIONARY, 1623
DROP TEXT SEARCH PARSER, 1624
DROP TEXT SEARCH TEMPLATE, 1625
DROP TRANSFORM, 1626
DROP TRIGGER, 1627
DROP TYPE, 1628
DROP USER, 1629
DROP USER MAPPING, 1630
DROP VIEW, 1631
dropdb, 601, 1757
dropuser, 591, 1759
DROP_REPLICATION_SLOT, 2043
DTD, 149
DTrace, 459, 714
dynamic_library_path, 1017

E

each, 2531
earth, 2522
earthdistance, 2522
earth_box, 2523

earth_distance, 2523
 ECPG, 843
 ecpg, 1761
 elog, 2070
 в PL/Perl, 1202
 в PL/Python, 1224
 в PL/Tcl, 1189
 encode, 191, 204
 encode_array_constructor
 в PL/Perl, 1203
 encode_array_literal
 в PL/Perl, 1203
 encode_bytea
 в PL/Perl, 1203
 encode_typed_literal
 в PL/Perl, 1203
 encrypt, 2565
 encrypt_iv, 2565
 END, 1632
 enum_first, 241
 enum_last, 241
 enum_range, 241
 ereport, 2070
 event_trigger, 179
 every, 288
 EXCEPT, 108
 EXECUTE, 1633
 exist, 2531
 EXISTS, 296
 EXIT
 в PL/pgSQL, 1145
 exp, 185
 EXPLAIN, 422, 1634
 extract, 231, 234

F

false, 137
 family, 247
 fdw_handler, 179
 FETCH, 1639
 file_fdw, 2523
 FILTER, 34
 first_value, 295
 flex, 451
 float4 (см. real)
 float8 (см. double precision)
 floating point, 121
 floor, 185
 format, 191, 201
 использование в PL/pgSQL, 1136
 format_type, 312
 FreeBSD
 настройка IPC, 485
 разделяемая библиотека, 1025
 скрипт запуска, 481
 FSM (см. Карта свободного пространства)
 fsm_page_contents, 2550
 fuzzystrmatch, 2526

G

gc_to_sec, 2522
 generate_series, 302
 generate_subscripts, 303
 gen_random_bytes, 2565
 gen_random_uuid, 2565
 gen_salt, 2559
 GEQO (см. генетическая оптимизация запросов)
 get_bit, 204
 get_byte, 204
 get_current_ts_config, 250
 get_raw_page, 2549
 GIN (см. индекс)
 gin_clean_pending_list, 336
 gin_leafpage_items, 2553
 gin_metapage_info, 2553
 gin_page_opaque_info, 2553
 GiST (см. индекс)
 GRANT, 60, 1643
 GREATEST, 281
 определение типа результата, 353
 GROUP BY, 12, 102
 GROUPING, 294
 GROUPING SETS, 104
 GSSAPI, 582
 GUID, 148

H

hash_bitmap_info, 2554
 hash_metapage_info, 2554
 hash_page_items, 2554
 hash_page_stats, 2554
 hash_page_type, 2554
 has_any_column_privilege, 310
 has_column_privilege, 310
 has_database_privilege, 310
 has_foreign_data_wrapper_privilege, 310
 has_function_privilege, 310
 has_language_privilege, 310
 has_schema_privilege, 310
 has_sequence_privilege, 310
 has_server_privilege, 310
 has_tablespace_privilege, 310
 has_table_privilege, 310
 has_type_privilege, 310
 HAVING, 12, 103
 heap_page_items, 2550
 heap_page_item_attrs, 2550
 height, 244
 hmac, 2557
 host, 247
 hostmask, 247
 HP-UX
 настройка IPC, 486
 разделяемая библиотека, 1025
 установка в, 469
 hstore, 2528, 2530

hstore_to_array, 2530
 hstore_to_json, 2530
 hstore_to_jsonb, 2531
 hstore_to_jsonb_loose, 2531
 hstore_to_json_loose, 2531
 hstore_to_matrix, 2530

I
 icount, 2535
 ICU, 455, 608, 1435
 ident, 584
 IDENTIFY_SYSTEM, 2039
 idx, 2536
 IFNULL, 280
 IMMUTABLE, 1014
 IMPORT FOREIGN SCHEMA, 1650
 IN, 296, 299
 include_dir
 в файле конфигурации, 506
 include_if_exists
 в файле конфигурации, 505
 index_am_handler, 179
 inet (тип данных), 142
 inet_client_addr, 307
 inet_client_port, 307
 inet_merge, 248
 inet_same_family, 248
 inet_server_addr, 307
 inet_server_port, 307
 initcap, 191
 initdb, 478, 1874
 INSERT, 7, 89, 1652
 RETURNING, 91
 int2 (см. smallint)
 int4 (см. integer)
 int8 (см. bigint)
 intagg, 2534
 intarray, 2535
 integer, 28, 119
 internal, 179
 INTERSECT, 108
 interval, 128, 135
 intset, 2536
 int_array_aggregate, 2534
 int_array_enum, 2534
 IS DISTINCT FROM, 183, 299
 IS DOCUMENT, 259
 IS FALSE, 183
 IS NOT DISTINCT FROM, 183, 299
 IS NOT DOCUMENT, 259
 IS NOT FALSE, 183
 IS NOT NULL, 183
 IS NOT TRUE, 183
 IS NOT UNKNOWN, 183
 IS NULL, 183, 565
 IS TRUE, 183
 IS UNKNOWN, 183
 isclosed, 244

isempty, 286
 isfinite, 231
 isn, 2538
 ISNULL, 183
 isn_weak, 2540
 isopen, 244
 is_array_ref
 в PL/Perl, 1204
 is_valid, 2540

J
 JIT, 742
 JIT-компиляция (см. JIT)
 JSON, 150
 функции и операторы, 267
 JSONB, 150
 jsonb
 вхождение, 153
 индексы по, 154
 существование, 153
 jsonb_agg, 288
 jsonb_array_elements, 271
 jsonb_array_elements_text, 271
 jsonb_array_length, 271
 jsonb_build_array, 270
 jsonb_build_object, 270
 jsonb_each, 271
 jsonb_each_text, 271
 jsonb_extract_path, 271
 jsonb_extract_path_text, 271
 jsonb_insert, 271
 jsonb_object, 270
 jsonb_object_agg, 288
 jsonb_object_keys, 271
 jsonb_populate_record, 271
 jsonb_populate_recordset, 271
 jsonb_pretty, 271
 jsonb_set, 271
 jsonb_strip_nulls, 271
 jsonb_to_record, 271
 jsonb_to_recordset, 271
 jsonb_typeof, 271
 json_agg, 288
 json_array_elements, 271
 json_array_elements_text, 271
 json_array_length, 271
 json_build_array, 270
 json_build_object, 270
 json_each, 271
 json_each_text, 271
 json_extract_path, 271
 json_extract_path_text, 271
 json_object, 270
 json_object_agg, 288
 json_object_keys, 271
 json_populate_record, 271
 json_populate_recordset, 271
 json_strip_nulls, 271

json_to_record, 271
 json_to_recordset, 271
 json_typeof, 271
 justify_days, 231
 justify_hours, 231
 justify_interval, 232

L

lag, 295
 language_handler, 179
 lastval, 276
 last_value, 295
 LATERAL
 в предложении FROM, 100
 latitude, 2523
 lca, 2546
 LDAP, 456, 585
 ldconfig, 464
 lead, 295
 LEAST, 281
 определение типа результата, 353
 left, 192
 length, 192, 204, 244, 250
 length(tsvector), 383
 levenshtein, 2526
 levenshtein_less_equal, 2526
 lex, 451
 libedit, 450
 libperl, 451
 libpq, 754
 одноточный режим, 793
 libpq-fe.h, 754, 768
 libpq-int.h, 768
 libpython, 451
 LIKE, 207
 и локали, 605
 LIMIT, 109
 Linux
 настройка IPC, 487
 разделяемая библиотека, 1025
 скрипт запуска, 481
 LISTEN, 1659
 llvm-config, 455
 ll_to_earth, 2522
 ln, 185
 lo, 2541
 LOAD, 1661
 localtime, 232
 localtimeStamp, 232
 lock, 413
 LOCK, 413, 1662
 log, 185
 longitude, 2523
 looks_like_number
 в PL/Perl, 1203
 lower, 188, 286
 и локали, 605
 lower_inc, 286

lower_inf, 286
 lo_close, 836
 lo_creat, 833, 837
 lo_create, 833
 lo_export, 834, 837
 lo_from_bytea, 836
 lo_get, 836
 lo_import, 833, 837
 lo_import_with_oid, 833
 lo_lseek, 835
 lo_lseek64, 835
 lo_open, 834
 lo_put, 836
 lo_read, 834
 lo_tell, 835
 lo_tell64, 835
 lo_truncate, 835
 lo_truncate64, 836
 lo_unlink, 836, 837
 lo_write, 834
 lpad, 192
 lseg, 141, 245
 LSN, 734
 ltree, 2542
 ltree2text, 2546
 ltrim, 192

M

MAC-адрес (см. macaddr)
 MAC-адрес (в формате EUI-64) (см. macaddr)
 macaddr (тип данных), 143
 macaddr8 (тип данных), 144
 macaddr8_set7bit, 248
 macOS
 настройка IPC, 487
 разделяемая библиотека, 1025
 установка в, 470
 make, 450
 make_date, 232
 make_interval, 232
 make_time, 232
 make_timestamp, 232
 make_timestamptz, 232
 make_valid, 2540
 MANPATH, 465
 masklen, 247
 max, 288
 md5, 192, 204
 MD5, 581
 memory overcommit, 490
 metaphone, 2527
 min, 288
 MinGW
 установка в, 470
 mod, 185
 MOVE, 1665
 MultiXactId, 625
 MVCC, 407

N

NaN (см. не число)
 NetBSD
 настройка IPC, 486
 разделяемая библиотека, 1025
 скрипт запуска, 481
 netmask, 247
 network, 247
 nextval, 276
 NFS (см. Сетевые файловые системы)
 nlevel, 2546
 normal_rand, 2609
 NOT (оператор), 181
 NOT IN, 296, 299
 NOTIFY, 1667
 в libpq, 796
 NOTNULL, 183
 now, 233
 npoints, 244
 nth_value, 295
 ntile, 295
 NULL
 сравнение, 183
 NULL-значение
 в DISTINCT, 108
 в PL/Perl, 1196
 в PL/Python, 1213
 NULLIF, 281
 numeric, 28
 numeric (тип данных), 119
 numnode, 250, 384
 num_nonnulls, 184
 num_nulls, 184
 NVL, 280

O

obj_description, 318
 octet_length, 188, 203
 OFFSET, 109
 OID
 в libpq, 786
 столбец, 57
 oid, 177
 oid2name, 2629
 ON CONFLICT, 1652
 ONLY, 94
 OOM, 490
 opaque, 179
 OpenBSD
 настройка IPC, 486
 разделяемая библиотека, 1025
 скрипт запуска, 481
 OpenSSL, 456
 (см. также SSL)
 OR (оператор), 181
 Oracle
 портирование из PL/SQL в PL/pgSQL, 1175

ORDER BY, 9, 108
 и локали, 605
 ordinality, 304
 overcommit, 490
 OVERLAPS, 233
 overlay, 188, 203

P

pageinspect, 2549
 page_checksum, 2549
 page_header, 2549
 pallocc, 1024
 PAM, 456, 589
 parse_ident, 192
 password
 Аутентификация, 581
 passwordcheck, 2555
 path, 245
 PATH, 464
 path (тип данных), 141
 pclose, 244
 peer, 585
 percent_rank, 295
 гипотезирующая функция, 293
 perl, 451
 Perl, 1195
 pfree, 1024
 PGAPPNAME, 814
 pgbench, 1770
 PGcancel, 794
 PGCLIENTENCODING, 814
 PGconn, 754
 PGCONNECT_TIMEOUT, 814
 pgcrypto, 2557
 PGDATA, 478
 PGDATABASE, 813
 PGDATESTYLE, 814
 PGEventProc, 809
 PGGEQO, 814
 PGGSSLIB, 814
 PGHOST, 813
 PGHOSTADDR, 813
 PGKRBSRVNAME, 814
 PGLOCALEDIR, 814
 PGOPTIONS, 814
 PGPASSFILE, 813
 PGPASSWORD, 813
 PGPORT, 813
 pgp_armor_headers, 2562
 pgp_key_id, 2561
 pgp_pub_decrypt, 2561
 pgp_pub_decrypt_bytea, 2561
 pgp_pub_encrypt, 2561
 pgp_pub_encrypt_bytea, 2561
 pgp_sym_decrypt, 2561
 pgp_sym_decrypt_bytea, 2561
 pgp_sym_encrypt, 2561
 pgp_sym_encrypt_bytea, 2561

- PGREQUIREPEER, 814
 PGREQUIRESSL, 814
 PGresult, 777
 pgrowlocks, 2570, 2570
 PGSERVICE, 813
 PGSERVICEFILE, 813
 PGSSLCERT, 814
 PGSSLCOMPRESSION, 814
 PGSSLCRL, 814
 PGSSLKEY, 814
 PGSSLMODE, 814
 PGSSLROOTCERT, 814
 pgstatginindex, 2578
 pgstathashindex, 2579
 pgstatindex, 2577
 pgstattuple, 2576, 2576
 pgstattuple_approx, 2579
 PGSYSCONFDIR, 814
 PGTARGETSESSIONATTRS, 814
 PGTZ, 814
 PGUSER, 813
 pgxs, 1073
 pg_advisory_lock, 339
 pg_advisory_lock_shared, 339
 pg_advisory_unlock, 340
 pg_advisory_unlock_all, 340
 pg_advisory_unlock_shared, 340
 pg_advisory_xact_lock, 340
 pg_advisory_xact_lock_shared, 340
 pg_aggregate, 1924
 pg_am, 1926
 pg_amop, 1927
 pg_amproc, 1928
 pg_archivecleanup, 1878
 pg_attrdef, 1929
 pg_attribute, 1929
 pg_authid, 1933
 pg_auth_members, 1934
 pg_available_extensions, 1997
 pg_available_extension_versions, 1997
 pg_backend_pid, 306
 pg_backup_start_time, 324
 pg_basebackup, 1763
 pg_blocking_pids, 307
 pg_buffercache, 2556
 pg_buffercache_pages, 2556
 pg_cancel_backend, 323
 pg_cast, 1935
 pg_class, 1936
 pg_client_encoding, 193
 pg_collation, 1941
 pg_collation_actual_version, 335
 pg_collation_is_visible, 312
 pg_column_size, 333
 pg_config, 1786, 1998
 с есpg, 896
 с libpq, 821
 для пользовательских функций на C, 1024
 pg_conf_load_time, 307
 pg_constraint, 1942
 pg_controldata, 1880
 pg_control_checkpoint, 321
 pg_control_init, 321
 pg_control_recovery, 321
 pg_control_system, 321
 pg_conversion, 1945
 pg_conversion_is_visible, 312
 pg_create_logical_replication_slot, 330
 pg_create_physical_replication_slot, 329
 pg_create_restore_point, 324
 pg_ctl, 478, 480, 1881
 pg_current_logfile, 307
 pg_current_wal_flush_lsn, 324
 pg_current_wal_insert_lsn, 324
 pg_current_wal_lsn, 324
 pg_cursors, 1998
 pg_database, 600, 1946
 pg_database_size, 333
 pg_db_role_setting, 1948
 pg_ddl_command, 179
 pg_default_acl, 1948
 pg_depend, 1949
 pg_describe_object, 317
 pg_description, 1951
 pg_drop_replication_slot, 329
 pg_dump, 1789
 pg_dumpall, 1802
 использование при обновлении, 494
 pg_enum, 1951
 pg_event_trigger, 1952
 pg_event_trigger_ddl_commands, 341
 pg_event_trigger_dropped_objects, 341
 pg_event_trigger_table_rewrite_oid, 343
 pg_event_trigger_table_rewrite_reason, 343
 pg_export_snapshot, 328
 pg_extension, 1952
 pg_extension_config_dump, 1070
 pg_filenode_relation, 335
 pg_file_rename, 2473
 pg_file_settings, 1999
 pg_file_unlink, 2473
 pg_file_write, 2473
 pg_foreign_data_wrapper, 1953
 pg_foreign_server, 1954
 pg_foreign_table, 1955
 pg_freespace, 2568
 pg_freespacemap, 2568
 pg_function_is_visible, 312
 pg_get_constraintdef, 312
 pg_get_expr, 312
 pg_get_functiondef, 312
 pg_get_function_arguments, 312
 pg_get_function_identity_arguments, 312
 pg_get_function_result, 312
 pg_get_indexdef, 312
 pg_get_keywords, 312

pg_get_object_address, 317
 pg_get_ruledef, 312
 pg_get_serial_sequence, 312
 pg_get_statisticsobjdef, 312
 pg_get_triggerdef, 312
 pg_get_userbyid, 312
 pg_get_viewdef, 312
 pg_group, 2000
 pg_has_role, 310
 pg_hba.conf, 572
 pg_hba_file_rules, 2000
 pg_ident.conf, 579
 pg_identify_object, 317
 pg_identify_object_as_address, 317
 pg_import_system_collations, 335
 pg_index, 1955
 pg_indexam_has_property, 312
 pg_indexes, 2001
 pg_indexes_size, 333
 pg_index_column_has_property, 312
 pg_index_has_property, 312
 pg_inherits, 1958
 pg_init_privs, 1958
 pg_isready, 1808
 pg_is_in_backup, 324
 pg_is_in_recovery, 326
 pg_is_other_temp_schema, 307
 pg_is_wal_replay_paused, 327
 pg_language, 1959
 pg_largeobject, 1960
 pg_largeobject_metadata, 1961
 pg_last_committed_xact, 320
 pg_last_wal_receive_lsn, 326
 pg_last_wal_replay_lsn, 326
 pg_last_xact_replay_timestamp, 326
 pg_listening_channels, 308
 pg_locks, 2001
 pg_logdir_ls, 2473
 pg_logical_emit_message, 332
 pg_logical_slot_get_binary_changes, 330
 pg_logical_slot_get_changes, 330
 pg_logical_slot_peek_binary_changes, 330
 pg_logical_slot_peek_changes, 330
 pg_lsn, 178
 pg_ls_dir, 338
 pg_ls_logdir, 338
 pg_ls_waldir, 338
 pg_matviews, 2005
 pg_my_temp_schema, 307
 pg_namespace, 1961
 pg_notification_queue_usage, 308
 pg_notify, 1668
 pg_opclass, 1962
 pg_opclass_is_visible, 312
 pg_operator, 1963
 pg_operator_is_visible, 312
 pg_opfamily, 1963
 pg_opfamily_is_visible, 312

pg_options_to_table, 312
 pg_partitioned_table, 1964
 pg_pltemplate, 1965
 pg_policies, 2006
 pg_policy, 1966
 pg_postmaster_start_time, 308
 pg_prepared_statements, 2006
 pg_prepared_xacts, 2007
 pg_prewarm, 2569
 pg_proc, 1967
 pg_publication, 1972
 pg_publication_rel, 1972
 pg_publication_tables, 2008
 pg_range, 1973
 pg_read_binary_file, 338
 pg_read_file, 338
 pg_receivewal, 1810
 pg_recvlogical, 1814
 pg_relation_filenode, 335
 pg_relation_filepath, 335
 pg_relation_size, 333
 pg_reload_conf, 323
 pg_relpages, 2579
 pg_replication_origin, 1973
 pg_replication_origin_advance, 332
 pg_replication_origin_create, 331
 pg_replication_origin_drop, 331
 pg_replication_origin_oid, 331
 pg_replication_origin_progress, 332
 pg_replication_origin_session_is_setup, 331
 pg_replication_origin_session_progress, 331
 pg_replication_origin_session_reset, 331
 pg_replication_origin_session_setup, 331
 pg_replication_origin_status, 2008
 pg_replication_origin_xact_reset, 332
 pg_replication_origin_xact_setup, 331
 pg_replication_slots, 2009
 pg_replication_slot_advance, 331
 pg_resetwal, 1886
 pg_restore, 1818
 pg_rewind, 1890
 pg_rewrite, 1974
 pg_roles, 2010
 pg_rotate_logfile, 323
 pg_rules, 2011
 pg_safe_snapshot_blocking_pids, 308
 pg_seclabel, 1975
 pg_seclabels, 2012
 pg_sequence, 1975
 pg_sequences, 2013
 pg_service.conf, 815
 pg_settings, 2013
 pg_shadow, 2016
 pg_shdepend, 1976
 pg_shdescription, 1977
 pg_shseclabel, 1978
 pg_size_bytes, 333
 pg_size_pretty, 333

- pg_sleep, 241
- pg_sleep_for, 241
- pg_sleep_until, 241
- pg_standby, 2635
- pg_start_backup, 324
- pg_statio_all_indexes, 678
- pg_statio_all_sequences, 678
- pg_statio_all_tables, 678
- pg_statio_sys_indexes, 678
- pg_statio_sys_sequences, 678
- pg_statio_sys_tables, 678
- pg_statio_user_indexes, 678
- pg_statio_user_sequences, 679
- pg_statio_user_tables, 678
- pg_statistic, 433, 1978
- pg_statistics_obj_is_visible, 312
- pg_statistic_ext, 434, 1980
- pg_stats, 433, 2017
- pg_stat_activity, 676
- pg_stat_all_indexes, 678
- pg_stat_all_tables, 677
- pg_stat_archiver, 677
- pg_stat_bgwriter, 677
- pg_stat_clear_snapshot, 709
- pg_stat_database, 677
- pg_stat_database_conflicts, 677
- pg_stat_file, 338
- pg_stat_get_activity, 709
- pg_stat_get_snapshot_timestamp, 709
- pg_stat_progress_vacuum, 677
- pg_stat_replication, 677
- pg_stat_reset, 709
- pg_stat_reset_shared, 710
- pg_stat_reset_single_function_counters, 710
- pg_stat_reset_single_table_counters, 710
- pg_stat_ssl, 677
- pg_stat_statements, 2571
 - функция, 2574
- pg_stat_statements_reset, 2574
- pg_stat_subscription, 677
- pg_stat_sys_indexes, 678
- pg_stat_sys_tables, 677
- pg_stat_user_functions, 679
- pg_stat_user_indexes, 678
- pg_stat_user_tables, 677
- pg_stat_wal_receiver, 677
- pg_stat_xact_all_tables, 677
- pg_stat_xact_sys_tables, 678
- pg_stat_xact_user_functions, 679
- pg_stat_xact_user_tables, 678
- pg_stop_backup, 324
- pg_subscription, 1981
- pg_subscription_rel, 1982
- pg_switch_wal, 324
- pg_tables, 2019
- pg_tablespace, 1982
- pg_tablespace_databases, 312
- pg_tablespace_location, 312
- pg_tablespace_size, 333
- pg_table_is_visible, 312
- pg_table_size, 333
- pg_temp, 553
 - защищённые функции, 1461
- pg_terminate_backend, 323
- pg_test_fsync, 1893
- pg_test_timing, 1894
- pg_timezone_abbrevs, 2020
- pg_timezone_names, 2020
- pg_total_relation_size, 333
- pg_transform, 1983
- pg_trgm, 2581
- pg_trigger, 1984
- pg_try_advisory_lock, 340
- pg_try_advisory_lock_shared, 340
- pg_try_advisory_xact_lock, 340
- pg_try_advisory_xact_lock_shared, 340
- pg_ts_config, 1985
- pg_ts_config_is_visible, 312
- pg_ts_config_map, 1986
- pg_ts_dict, 1986
- pg_ts_dict_is_visible, 312
- pg_ts_parser, 1987
- pg_ts_parser_is_visible, 312
- pg_ts_template, 1988
- pg_ts_template_is_visible, 312
- pg_type, 1988
- pg_typeof, 312
- pg_type_is_visible, 312
- pg_upgrade, 1898
- pg_user, 2021
- pg_user_mapping, 1995
- pg_user_mappings, 2021
- pg_verify_checksums, 1905
- pg_views, 2022
- pg_visibility, 2586
- pg_waldump, 1906
- pg_walfile_name, 324
- pg_walfile_name_offset, 324
- pg_wal_lsn_diff, 324
- pg_wal_replay_pause, 327
- pg_wal_replay_resume, 327
- pg_xact_commit_timestamp, 320
- phraseto_tsquery, 250, 378
- pi, 185
- PIC, 1025
- PID
 - определение PID серверного процесса в libpq, 771
- PITR, 629
- PITR резерв, 646
- pkg-config, 456
 - с ecpg, 896
 - с libpq, 821
- PL/Perl, 1195
- PL/PerlU, 1205
- PL/pgSQL, 1124

- PL/Python, 1210
- PL/SQL (Oracle)
 - портирование в PL/pgSQL, 1175
- PL/Tcl, 1184
- plinto_tsquery, 250, 377
- popen, 244
- populate_record, 2532
- port, 763
- position, 188, 203
- POSTGRES, xxiii
- postgres, 2, 480, 599, 1908
- Postgres95, xxiii
- postgresql.auto.conf, 504
- postgresql.conf, 503
- postgres_fdw, 2587
- postmaster, 1915
- power, 185
- PQbackendPID, 771
- PQbinaryTuples, 783
 - с COPY, 798
- PQcancel, 794
- PQclear, 781
- PQclientEncoding, 801
- PQcmdStatus, 785
- PQcmdTuples, 785
- PQconndefaults, 758
- PQconnectdb, 755
- PQconnectdbParams, 755
- PQconnectionNeedsPassword, 771
- PQconnectionUsedPassword, 771
- PQconnectPoll, 756
- PQconnectStart, 756
- PQconnectStartParams, 756
- PQconninfo, 759
- PQconninfoFree, 803
- PQconninfoParse, 759
- PQconsumeInput, 792
- PQcopyResult, 804
- PQdb, 768
- PQdescribePortal, 777
- PQdescribePrepared, 776
- PQencryptPassword, 804
- PQencryptPasswordConn, 803
- PQendcopy, 801
- PQerrorMessage, 771
- PQescapeBytea, 789
- PQescapeByteaConn, 788
- PQescapeIdentifier, 787
- PQescapeLiteral, 786
- PQescapeString, 788
- PQescapeStringConn, 787
- PQexec, 773
- PQexecParams, 773
- PQexecPrepared, 776
- PQfformat, 783
 - с COPY, 798
- PQfinish, 759
- PQfireResultCreateEvents, 804
- PQflush, 793
- PQfmod, 783
- PQfn, 795
- PQfname, 782
- PQfnumber, 782
- PQfreeCancel, 794
- PQfreemem, 803
- PQfsize, 783
- PQftable, 782
- PQftablecol, 782
- PQftype, 783
- PQgetCancel, 794
- PQgetCopyData, 799
- PQgetisnull, 784
- PQgetlength, 784
- PQgetline, 799
- PQgetlineAsync, 800
- PQgetResult, 791
- PQgetssl, 773
- PQgetvalue, 784
- PQhost, 768
- PQinitOpenSSL, 820
- PQinitSSL, 820
- PQinstanceData, 810
- PQisBusy, 792
- PQisnonblocking, 793
- PQisthreadsafe, 820
- PQlibVersion, 805
 - (см. также PQserverVersion)
- PQmakeEmptyPGresult, 804
- PQnfields, 782
 - с COPY, 797
- PQnotifies, 796
- PQnparams, 784
- PQntuples, 781
- PQoidStatus, 786
- PQoidValue, 786
- PQoptions, 769
- PQparameterStatus, 770
- PQparamtype, 785
- PQpass, 768
- PQping, 761
- PQpingParams, 760
- PQport, 769
- PQprepare, 775
- PQprint, 785
- PQprotocolVersion, 770
- PQputCopyData, 798
- PQputCopyEnd, 798
- PQputline, 800
- PQputnbytes, 801
- PQregisterEventProc, 810
- PQrequestCancel, 795
- PQreset, 760
- PQresetPoll, 760
- PQresetStart, 760
- PQresStatus, 778
- PQresultAlloc, 805

PQresultErrorField, 779
 PQresultErrorMessage, 778
 PQresultInstanceData, 810
 PQresultSetInstanceData, 810
 PQresultStatus, 777
 PQresultVerboseErrorMessage, 778
 PQsendDescribePortal, 791
 PQsendDescribePrepared, 791
 PQsendPrepare, 790
 PQsendQuery, 790
 PQsendQueryParams, 790
 PQsendQueryPrepared, 790
 PQserverVersion, 770
 PQsetClientEncoding, 801
 PQsetdb, 756
 PQsetdbLogin, 756
 PQsetErrorContextVisibility, 802
 PQsetErrorVerbosity, 802
 PQsetInstanceData, 810
 PQsetnonblocking, 793
 PQsetNoticeProcessor, 806
 PQsetNoticeReceiver, 806
 PQsetResultAttrs, 805
 PQsetSingleRowMode, 794
 PQsetvalue, 805
 PQsocket, 771
 PQsslAttribute, 772
 PQsslAttributeNames, 772
 PQsslInUse, 772
 PQsslStruct, 772
 PQstatus, 769
 PQtrace, 802
 PQtransactionStatus, 769
 PQtty, 769
 PQunescapeBytea, 789
 PQuntrace, 803
 PQuser, 768
 PREPARE, 1670
 PREPARE TRANSACTION, 1673
 ps
 мониторинг активности, 674
 psql, 4, 1827
 Python, 1210

Q

querytree, 250, 384
 quote_ident, 193
 в PL/Perl, 1203
 использование в PL/pgSQL, 1136
 quote_literal, 193
 в PL/Perl, 1203
 использование в PL/pgSQL, 1136
 quote_nullable, 194
 в PL/Perl, 1203
 использование в PL/pgSQL, 1136

R

radians, 186

radius, 244
 RADIUS, 588
 RAISE
 в PL/pgSQL, 1159
 random, 187
 rank, 294
 гипотезирующая функция, 293
 read committed, 408
 readline, 450
 real, 121
 REASSIGN OWNED, 1675
 record, 179
 recovery.conf, 670
 RECURSIVE
 в общих табличных выражениях, 111
 в представлениях, 1568
 REFRESH MATERIALIZED VIEW, 1676
 regclass, 177
 regconfig, 177
 regdictionary, 177
 regexp_match, 195, 208
 regexp_matches, 195, 208
 regexp_replace, 195, 208
 regexp_split_to_array, 195, 208
 regexp_split_to_table, 195, 208
 regoper, 177
 regoperator, 177
 regproc, 177
 regprocedure, 177
 regr_avgx, 290
 regr_avgy, 290
 regr_count, 290
 regr_intercept, 290
 regr_r2, 290
 regr_slope, 290
 regr_sxx, 290
 regr_sxy, 290
 regr_syy, 290
 regtype, 177
 REINDEX, 1678
 reindexdb, 1866
 RELEASE SAVEPOINT, 1681
 repeat, 195
 repeatable read, 410
 replace, 196
 RESET, 1682
 RESTRICT
 с DROP, 87
 действие внешнего ключа, 55
 RETURN NEXT
 в PL/pgSQL, 1140
 RETURN QUERY
 в PL/pgSQL, 1140
 RETURNING, 91
 RETURNING INTO
 в PL/pgSQL, 1133
 reverse, 196
 REVOKE, 60, 1683

right, 196
 ROLLBACK, 1687
 rollback
 psql, 1857
 ROLLBACK PREPARED, 1688
 ROLLBACK TO SAVEPOINT, 1689
 ROLLUP, 104
 round, 186
 ROW, 42
 row_number, 294
 row_security_active, 310
 row_to_json, 270
 rpad, 196
 rtrim, 196

S

SAVEPOINT, 1691
 scale, 186
 SCRAM, 581
 SECURITY LABEL, 1693
 sec_to_gc, 2522
 seg, 2593
 SELECT, 8, 93, 1696
 определение типа результата, 355
 список выборки, 106
 SELECT INTO, 1716
 в PL/pgSQL, 1133
 seppgsql, 2596
 sequence
 и тип serial, 122
 serial, 122
 serial2, 122
 serial4, 122
 serial8, 122
 serializable, 411
 session_user, 306
 SET, 322, 1718
 SET CONSTRAINTS, 1721
 SET ROLE, 1723
 SET SESSION AUTHORIZATION, 1725
 SET TRANSACTION, 1727
 SET XML OPTION, 557
 setseed, 187
 setval, 276
 setweight, 250, 383
 назначение веса определённым лексемам, 250
 set_bit, 205
 set_byte, 205
 set_config, 322
 set_limit, 2582
 set_masklen, 247
 sha224, 205
 sha256, 205
 sha384, 205
 sha512, 205
 shared_preload_libraries, 1035
 shobj_description, 318
 SHOW, 322, 1730, 2039

show_limit, 2582
 show_trgm, 2581
 SIGHUP, 504, 577, 580
 SIGINT, 492
 sign, 186
 SIGQUIT, 492
 SIGTERM, 492
 SIMILAR TO, 207
 similarity, 2581
 sin, 187
 sind, 187
 single-user mode, 1911
 skeys, 2530
 sleep, 241
 slice, 2531
 smallint, 119
 smallserial, 122
 Solaris
 настройка IPC, 488
 разделяемая библиотека, 1026
 скрипт запуска, 482
 установка в, 471
 SOME, 289, 296, 299
 sort, 2536
 sort_asc, 2536
 sort_desc, 2536
 soundex, 2526
 SP-GiST (см. индекс)
 SPI, 1226
 примеры, 2604
 spi_commit
 в PL/Perl, 1202
 SPI_commit, 1279
 SPI_connect, 1227
 SPI_connect_ext, 1227
 SPI_copypuple, 1272
 spi_cursor_close
 в PL/Perl, 1200
 SPI_cursor_close, 1254
 SPI_cursor_fetch, 1250
 SPI_cursor_find, 1249
 SPI_cursor_move, 1251
 SPI_cursor_open, 1245
 SPI_cursor_open_with_args, 1246
 SPI_cursor_open_with_paramlist, 1248
 SPI_exec, 1232
 SPI_execsp, 1244
 SPI_execute, 1229
 SPI_execute_plan, 1242
 SPI_execute_plan_with_paramlist, 1243
 SPI_execute_with_args, 1233
 spi_exec_prepared
 в PL/Perl, 1201
 spi_exec_query
 в PL/Perl, 1199
 spi_fetchrow
 в PL/Perl, 1200
 SPI_finish, 1228

SPI_fname, 1260
 SPI_fnumber, 1261
 spi_freeplan
 в PL/Perl, 1201
 SPI_freeplan, 1278
 SPI_freetuple, 1276
 SPI_freetuptable, 1277
 SPI_getargcount, 1239
 SPI_getargtypeid, 1240
 SPI_getbinval, 1263
 SPI_getnspname, 1267
 SPI_getrelname, 1266
 SPI_gettype, 1264
 SPI_gettypeid, 1265
 SPI_getvalue, 1262
 SPI_is_cursor_plan, 1241
 SPI_keepplan, 1255
 spi_lastoid
 в PL/Tcl, 1188
 SPI_modifytuple, 1274
 SPI_palloc, 1269
 SPI_pfree, 1271
 spi_prepare
 в PL/Perl, 1201
 SPI_prepare, 1235
 SPI_prepare_cursor, 1237
 SPI_prepare_params, 1238
 spi_query
 в PL/Perl, 1200
 spi_query_prepared
 в PL/Perl, 1201
 SPI_register_relation, 1257
 SPI_register_trigger_data, 1259
 SPI_repallo, 1270
 SPI_result_code_string, 1268
 SPI_returntuple, 1273
 spi_rollback
 в PL/Perl, 1202
 SPI_rollback, 1280
 SPI_saveplan, 1256
 SPI_scroll_cursor_fetch, 1252
 SPI_scroll_cursor_move, 1253
 SPI_start_transaction, 1281
 SPI_unregister_relation, 1258
 split_part, 196
 SQL/CLI, 2244
 SQL/Foundation, 2244
 SQL/Framework, 2244
 SQL/JRT, 2244
 SQL/MED, 2244
 SQL/OLB, 2244
 SQL/PSM, 2244
 SQL/Schemata, 2244
 SQL/XML, 2244
 sqrt, 186
 ssh, 501
 SSI, 407
 SSL, 497, 816

 в libpq, 773
 с libpq, 766
 sslinfo, 2606
 ssl_cipher, 2606
 ssl_client_cert_present, 2606
 ssl_client_dn, 2607
 ssl_client_dn_field, 2607
 ssl_client_serial, 2606
 ssl_extension_info, 2608
 ssl_issuer_dn, 2607
 ssl_issuer_field, 2608
 ssl_is_used, 2606
 ssl_version, 2606
 SSPI, 583
 STABLE, 1014
 START TRANSACTION, 1732
 starts_with, 197
 START_REPLICATION, 2040
 statement_timestamp, 233
 stddev, 290
 stddev_pop, 291
 stddev_samp, 291
 STONITH, 646
 strict_word_similarity, 2581
 string_agg, 288
 string_to_array, 282
 strip, 250, 383
 strpos, 196
 subarray, 2536
 subltree, 2545
 subpath, 2545
 substr, 196
 substring, 188, 203, 207, 208
 sum, 288
 suppress_redundant_updates_trigger, 340
 svals, 2530
 systemd, 456, 481
 RemoveIPC, 488

T

tablefunc, 2608
 tableoid, 57
 tan, 187
 tand, 187
 Tcl, 1184
 tcn, 2617
 template0, 599
 template1, 599, 599
 test_decoding, 2618
 text, 124, 248
 text2ltree, 2546
 tid, 177
 time, 128, 130
 time span, 128
 time with time zone, 128, 130
 time without time zone, 128, 130
 TIMELINE_HISTORY, 2039
 timeofday, 233

timestamp, 128, 131
 timestamp with time zone, 128, 131
 timestamp without time zone, 128, 131
 timestamptz, 128
 TOAST, 2173
 в сравнении с большими объектами, 832
 и пользовательские типы, 1046
 режимы хранения столбцов, 1369
 to_ascii, 197
 to_char, 222
 и локали, 606
 to_date, 222
 to_hex, 197
 to_json, 270
 to_jsonb, 270
 to_number, 222
 to_regclass, 312
 to_regnamespace, 312
 to_regoper, 312
 to_regoperator, 312
 to_regproc, 312
 to_regprocedure, 312
 to_regrole, 312
 to_regtype, 312
 to_timestamp, 222, 233
 to_tsquery, 250, 377
 to_tsvector, 251, 376
 transaction_timestamp, 233
 translate, 197
 trigger, 179, 1077
 triggered_change_notification, 2617
 trim, 189, 203
 true, 137
 trunc, 186, 248, 248
 TRUNCATE, 1733
 tsm_handler, 179
 tsm_system_rows, 2618
 tsm_system_time, 2619
 tsquery (тип данных), 146
 tsquery_phrase, 253, 383
 tsvector (тип данных), 145
 tsvector_to_array, 253
 tsvector_update_trigger, 253
 tsvector_update_trigger_column, 253
 ts_debug, 254, 399
 ts_delete, 252
 ts_filter, 252
 ts_headline, 252, 381
 ts_lexize, 254, 402
 ts_parse, 254, 401
 ts_rank, 252, 379
 ts_rank_cd, 252, 379
 ts_rewrite, 252, 384
 ts_stat, 254, 386
 ts_token_type, 254, 401
 tuple_data_split, 2550
 txid_current, 319
 txid_current_if_assigned, 319

txid_current_snapshot, 319
 txid_snapshot_xip, 319
 txid_snapshot_xmax, 319
 txid_snapshot_xmin, 319
 txid_status, 319
 txid_visible_in_snapshot, 319

U

UESCAPE, 24, 27
 unaccent, 2619, 2621
 UNION, 108
 определение типа результата, 353
 uniq, 2536
 Unix-сокеты, 762
 unknown, 179
 UNLISTEN, 1735
 unnest, 282
 для tsvector, 253
 UPDATE, 13, 90, 1736
 RETURNING, 91
 upper, 189, 286
 и локали, 605
 upper_inc, 286
 upper_inf, 286
 UPSERT, 1652
 URI, 761
 UUID, 148, 457
 uuid-oss, 2621
 uuid_generate_v1, 2621
 uuid_generate_v1mc, 2621
 uuid_generate_v3, 2621

V

VACUUM, 1740
 vacuumdb, 1869
 vacuumlo, 2633
 VALUES, 110, 1743
 определение типа результата, 353
 varchar, 124
 var_pop, 291
 var_samp, 291
 VM (см. Карта видимости)
 void, 179
 VOLATILE, 1014
 VPATH, 452, 1076

W

WAL, 727
 websearch_to_tsquery, 250
 WHERE, 101
 WHILE
 в PL/pgSQL, 1146
 width, 244
 width_bucket, 186
 WITH
 внутри SELECT, 111, 1696
 WITH CHECK OPTION, 1568
 WITHIN GROUP, 34

word_similarity, 2581

X

xid, 177

xmax, 57

xmin, 57

XML, 148

XML option, 149, 557

xml2, 2623

xmlagg, 258, 288

xmlcomment, 255

xmlconcat, 255

xmlelement, 256

XMLEXISTS, 259

xmlforest, 257

xmlparse, 148

xmlpi, 257

xmlroot, 258

xmlserialize, 149

xmltable, 261

xml_is_well_formed, 259

xml_is_well_formed_content, 259

xml_is_well_formed_document, 259

XPath, 260

xpath_exists, 261

xpath_table, 2624

xslt_process, 2626

Y

yacc, 451

Z

zlib, 450, 459